VERGLEICHEND-ANATOMISCHE UNTERSUCHUNGEN

DES

FICHTEN- UND LÄRCHENHOLZES

VON

DR. ALFRED BURGERSTEIN.

VORGELEGT IN DER SITZUNG VOM 12. MAI 1893.

Bei der mikroskopischen Untersuchung des Holzes des »Stock im Eisen« der Stadt Wien hatte ich zu entscheiden, ob dieser denkwürdige Baumrest einer Lärche oder einer Fichte angehört.[1]

Zu diesem Zwecke wollte ich mich zunächst über die in der Literatur angeführten diagnostischen Merkmale dieser beiden Holzarten informiren. Hiebei stellte es sich heraus, dass die betreffenden Angaben in speciellen Fällen nicht ausreichen oder nicht verwendbar sind, wie beispielsweise bei solchen archäologischen oder paläontologischen Untersuchungen, bei denen nur spärliches Material zur Disposition steht, und die Qualität desselben, ob Wurzel-, Stamm- oder Astholz, ob jüngeren oder älteren Jahresringen angehörend, nicht bekannt ist. Die in der Literatur verzeichneten mikroskopischen, resp. mikrometrischen Bestimmungen bezüglich des Fichten- und Lärchenholzes umfassen eine nur geringe Zahl von Beobachtungen; zum Theil findet man wenige Mittelzahlen ohne Anführung der Grenzwerthe und ohne Bekanntgabe des untersuchten Materiales. Es stellte sich ferner heraus, dass die gleichsinnigen Angaben der Autoren von einander, und zwar mitunter nicht unwesentlich differiren. Diese Unterschiede erklären sich hauptsächlich aus der Verschiedenheit des Untersuchungsmateriales. Beispielsweise ist die radiale Breite der Frühlingstracheiden und der Querdurchmesser der an denselben ausgebildeten Hoftüpfel beim Stammholz der Fichte im Allgemeinen kleiner als im Stammholz der Lärche. Vergleicht man jedoch diesbezüglich den 80. oder 100. Jahresring einer Fichte mit dem 5. oder 10. Jahresring einer Lärche, so kann man leicht das umgekehrte Verhältniss finden. Als ein diagnostisches Merkmal des Fichten- und Lärchen-

[1] Prof. Unger, welcher im Jahre 1856 einen ganz kleinen Splitter des Holzes untersuchte, kam zu dem Resultate, dass dieses Wahrzeichen Wiens, »wenngleich mit einigem Zweifel, jedoch immerhin mit grosser Wahrscheinlichkeit als der Wurzelres. einer Lärchtanne *(Larix europaea)* anzusehen sei«. (Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wiss. Wien. Philos.-histor. Cl. XXIII. Bd. 1857.) Unger hat seine — mit einiger Reserve ausgesprochene — Ansicht mit keinem Worte wissenschaftlich begründet. Ich habe nach einer eingehenden Prüfung des Holzes und auf Grund der in der vorliegenden Arbeit mitgetheilten vergleichend-anatomischen Untersuchungen des Fichten- und Lärchenholzes den Nachweis geliefert, dass der »Stock im Eisen« der Rest einer (etwa 50jährigen) Fichte sei; der gerade aufsteigende Theil ist die untere Partie des Stammes; die beiden Auszweigungen sind Wurzeln (Näheres hierüber wird im XXIX. Jahresberichte des Leopoldstädter Communal-Real- und Obergymnasiums in Wien, 1893 veröffentlicht werden.)

holzes wird das Auftreten von zwei Tüpfelreihen an den Radialwänden der Frühlingsholzzellen der Lärche angegeben. Nun findet man aber im Wurzelholze, sowie in älteren Partien des Stammholzes der Fichte Doppeltüpfel nicht selten in grosser Menge, während sie im Astholze und in den innersten Jahresringen des Stammholzes der Lärche fehlen.

Ich habe mich desshalb entschlossen, eingehende vergleichend-anatomische Untersuchungen des Fichten- und Lärchenholzes (Stamm — Ast — Wurzel) auszuführen. Die gewonnenen Resultate sind in der vorliegenden Schrift zusammengestellt. Das Materiale erhielt ich aus dem forstwissenschaftlichen Institute der königl. Universität München (Prof. Hartig), aus dem pflanzen-physiologischen Institute der k. k. Universität Wien (Prof. Wiesner), aus den Sammlungen der k. k. Hochschule für Bodencultur in Wien (Prof. Guttenberg und Prof. Wilhelm), endlich mehrfach von befreundeten Collegen und Privatpersonen. Allen sage ich aufrichtigsten Dank.

Der directe Zweck der vorgenommenen, überaus zahlreichen Messungen und Zählungen war nicht der, zu untersuchen, in welcher Weise sich Zahl, Grösse und Aussehen etc. der histologischen Elemente des Holzes mit fortschreitender Jahresringbildung ändern. Es sollte vielmehr bei einer grösseren Anzahl von Fichten- und Lärchenhölzern verschiedener Provenienz ermittelt werden *a*) innerhalb welcher Grenzen die Grössen- und Zahlverhältnisse der Tracheiden und Markstrahlzellen der beiden genannten Coniferen im Stamm-, Ast- und Wurzelholz liegen, *b)* welche numerischen Werthe am häufigsten einerseits bei der Fichte, andererseits bei der Lärche vorkommen und *c)* welche Eigenthümlichkeiten sonst im anatomischen Bau speciell für die eine oder die andere Conifere charakteristisch sind. Es handelte sich also darum, absolute diagnostische Kennzeichen zu finden.

Das Ergebniss meiner Untersuchungen ist, dass man mit gleichzeitiger Berücksichtigung möglichst vieler histologischer Merkmale und bei Ausschluss eines abnormen anatomischen Baues nicht nur Fichten- und Lärchenholz von einander unterscheiden, sondern auch noch entscheiden kann, ob das betreffende Holz dem Stamme, einem Aste oder einer Wurzel angehört. Hat man ein grösseres Stück Holz zur Disposition, so wird die Determinirung viel weniger Schwierigkeiten machen, als wenn es sich, wie z. B. bei archäologischen oder paläontologischen Untersuchungen darum handelt, die Diagnose an einem kleinen, substanziell zum Theil veränderten Fragment eines Holzes zu machen. Zum Zwecke der Determinirung solcher kleiner Holzproben habe ich am Schlusse der Abhandlung eine Bestimmungs-Tabelle zusammenzustellen versucht.

A. Stammholz.

Die ersten ziffermässig belegten Mittheilungen über die Elemente des Fichten- und Lärchenstammholzes hat v. Mohl[1] veröffentlicht. An der Richtigkeit der Angaben dieses ausgezeichneten Beobachters ist nicht zu zweifeln; es muss aber gleichzeitig bemerkt werden, dass Mohl (nach eigener Angabe) nur wenige Messungen der Tracheiden an je einem Fichten- und Lärchenholz gemacht hat. Schacht[2] spricht in seinen Arbeiten rücksichtlich mehrerer Coniferen von Unterschieden zwischen Stamm- und Wurzelholz, die er angeblich gefunden hat. Seine »jüngeren Stammstücke« waren aber thatsächlich Aststücke. Mit vollem Rechte hat ihm daher v. Mohl den Vorwurf gemacht, dass es leichtsinnig war, ohne sich vorher von der Identität oder Verschiedenheit von Stamm- und Astholz zu überzeugen, in der Untersuchung den Ast dem Stamm zu substituiren. Ich werde von den Schacht'schen Beobachtungen beim Ast- und Wurzelholz sprechen.

Auf Grund eines grösseren Beobachtungsmateriales kam Schroeder[3] zu dem Ergebnisse, dass das Holz der Lärche in seinem mikroskopischen Bau so sehr mit dem der Fichte übereinstimmt, »dass es sehr

[1] Mohl H., Einige anatomische und physiologische Bemerkungen über das Holz der Baumwurzeln. Bot. Ztg. 20. Jahrg. 1862.
[2] Schacht H., Über den Stamm und die Wurzel der *Araucaria brasiliensis*. Bot. Ztg. 20. Jahrg. 1862.
[3] Schroeder J., Das Holz der Coniferen. Dresden 1872.

schwer wird, einen festen anatomischen Anhaltspunkt zur Unterscheidung aufzufinden«. Indess findet der genannte Autor doch zwei Unterschiede: der eine soll darin bestehen, dass sich bei der Fichte um die Tüpfel der äusseren Markstrahlen zarte schlanke »Verdickungsspitzen« befinden, während dieselben bei der Lärche »nicht, oder nur äusserst selten« vorkommen. Es sei gleich hier bemerkt, dass ich diese Verdickungsspitzen überhaupt nur selten und undeutlich sehen konnte. Aus diesem Grunde, sowie desshalb, weil jene Spitzen auch dem Lärchenholz nicht vollständig fehlen sollen, lege ich diesem Merkmal keinen diagnostischen Werth bei, namentlich bei fossilen Hölzern. Ein anderer histologischer Unterschied liegt nach Schroeder in dem numerischen Verhältniss der »äusseren« und »inneren« Markstrahlzellreihen oder in der Ungleichwerthigkeit dessen, was der genannte Autor als »Markstrahlcoëfficient« bezeichnet. Darüber werde ich später (beim Capitel Markstrahlen) ausführlicher sprechen.

Fast gleichzeitig mit Schroeder hat Wiesner[1] anlässlich der Untersuchung von Treibhölzern aus dem nördlichen Eismeere vergleichend-anatomische Beobachtungen des Holzes von *Abies pectinata, Picea excelsa, Larix europaea* und *L. sibirica* angestellt. Dieser Forscher gibt für die mittlere Weite der Frühlingsholzzellen sowie für die Zahl der Markstrahlzellen (per Quadratmillimeter der Tangentialfläche) Mittelzahlen an.

Später hat G. Kraus[2] nordische Treibhölzer zu untersuchen versucht. Eines dieser Hölzer stammte von einer Conifere, und zwar entweder von einer Fichte oder von einer Lärche. Kraus war nicht im Stande das betreffende Holz zu determiniren und meint, dass die Frage, ob das Holz der Gattung *Larix* oder *Picea* angehöre, sich nur durch die Untersuchung der Rinde entscheiden liesse. Ob indess dem Autor constante und charakteristische Unterschiede im anatomischen Bau der Fichten- und Lärchenrinde bekannt waren, vermag ich nicht anzugeben.

Gelegentlich der Untersuchung mehrerer Treibhölzer von der Insel Jan Mayen hat Schneider[3] einige vergleichende Zellenmessungen an Fichten- und Lärchenholzstücken gemacht. Er fand die einfach getüpfelten Markstrahlzellen durchschnittlich bei der Fichte 0·016 *mm* bei der Lärche 0·021 *mm* hoch. Ferner glaubte er, dass die (einreihigen) Markstrahlen (im Tangentialschnitt gezählt) bei der Lärche zwischen 2—24 Zellenreihen schwanken, während bei der Fichte nie die Zahl von 16 überschritten wird. Ich muss gleich bemerken, dass die Angaben Schneider's bezüglich der Markstrahlzellhöhe ungenau und für specielle Fälle nicht verwendbar, jene betreffs der Markstrahlhöhe aber unrichtig sind.

Kleeberg[4] gibt eine ganze Reihe von Merkmalen namentlich der Markstrahlen des Fichten- und Lärchenstammholzes an. Diese von Kleeberg angegebenen Eigenthümlichkeiten (auf die ich später im Detail zurückkommen werde) sind aber diagnostisch nicht brauchbar, zum Theil überhaupt falsch.

Das Wenige, was Möller[5] über Fichten- und Lärchenholz angibt, ist diagnostisch gleichfalls nicht verwendbar.

Schulze[6] bestimmte den Längen- und Breitendurchmesser von (mittelst Salpetersäure isolirten) Holzzellen mehrerer Laub- und Nadelbäume. Von letzteren stand eine 142jährige Platte einer Fichte und 3 Querscheiben (mit 82, 52, 40 Jahresringen) der Lärche zur Verfügung. Vergleichbar sind nur die an den Herbstholzzellen gemachten Messungen, da diese für beide Holzarten ausgeführt wurden. Es ergaben sich sowohl für die Länge als Breite der Holzzellen bei der Lärche grössere numerische Werthe als bei der Fichte.

---

[1] Wiesner J., Untersuchung einiger Treibhölzer aus dem nördlichen Eismeere. (Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wiss. Bd. LXV, 1872.) Die Treibhölzer wurden von den österreichischen Nordpolfahrern K. Weyprecht und J. Payer gesammelt.

[2] Kraus Gregor, Über die Treibhölzer der Hall'schen Nordpolexpedition. (Sitzungsber. d. Naturf. Gesellsch. Halle 1875.)

[3] Schneider J., Untersuchungen einiger Treibhölzer von der Insel Jan Mayen. (Die internationale Polarforschung 1882/83; Die österreichische Polarstation Jan Mayen. Bd. III. Wien 1886.)

[4] Kleeberg A., Die Markstrahlen der Coniferen. Bot. Ztg. 43. Jahrg. 1885. Nr. 43.

[5] Möller J., Beiträge zur vergleichenden Anatomie des Holzes. (Denkschr. d. kais. Akad. d. Wiss. Wien. Mathem.-naturw. Cl. Bd. XXXVI, 1876.)

[6] Schulze E., Über die Grössenverhältnisse der Holzzellen bei Laub- und Nadelhölzern. (Inaug.-Dissert. Halle A. S. 1882.)

Zu einem keineswegs erfreulichen Resultate kam Essner,[1] nachdem er bei einer grösseren Anzahl von Coniferen »den diagnostischen Werth der Anzahl und Höhe der Markstrahlen« geprüft hatte. Er fand nämlich *a)* »dass die Anzahl der Markstrahlen für die Bestimmung des Coniferenholzes keinen oder nur sehr beschränkten Anhalt bietet«, *b)* »dass auch die Höhe der Markstrahlen für die Diagnostik der Nadelhölzer keinen erwünschten Anhalt gibt«, *c)* »dass es unzulässig ist, die Anzahl der Markstrahlzellen (z. B. auf 1 mm^2) der Tangentialfläche zur Diagnose zu benützen«, *d)* »dass sich auch den Differenzen in der Zellengrösse der Markstrahlen kein sicherer diagnostischer Werth beilegen lässt«. Unter den von Essner untersuchten Coniferen befanden sich auch eine Lärche und zwei Fichten. Die für diese beiden Holzarten vom Verfasser gefundenen Zellenmasse werde ich später citiren.

In einer Abhandlung von Fischer,[2] auf die ich noch zurückkommen werde, wird bezüglich der Fichte zu zeigen bezweckt, »in wie weit dem System der Markstrahlen nach ihrer Anzahl und Höhe in den aufeinanderfolgenden Jahreslagen eines Holzschnittes (Holzquerscheibe) ein absolut diagnostischer Werth für Stamm-, Wurzel- und Asthölzer beigemessen werden kann«.

Wille[3] ermittelte bei einem Lärchenstammstücke und bei mehreren Partien aus verschiedenen Höhen eines Fichtenstammes den Längsdurchmesser des äusseren (und inneren) Tüpfelhofes an der Radialwand der zwei letzten Herbst- und der zwei ersten Frühlingsholzzellen. Auch bestimmte er den Markstrahlcoëfficienten für Fichte, Lärche und gemeine Kiefer.

Schliesslich möchte ich noch einige Bemerkungen betreffs der Nomenclatur der Holzzellen machen.

Die dickwandigen, englumigen Tracheiden des Jahreszuwachses werden allgemein »Herbstholz« genannt; die relativ weiten und dünnwandigen, auf das zuletzt gebildete Holz des vorjährigen Jahresringes folgenden Elemente werden als »Frühlingsholz« (Mohl, De Bary, Wiesner, Kny, Russow), von neueren Botanikern (Schneider, Fischer, Kleeberg) als »Sommerholz« bezeichnet. Nun machte jüngst E. Mer[4] den Vorschlag, den Namen Herbstholz mit Sommerholz zu vertauschen. Denn nach seinen Beobachtungen fällt bei den Coniferen die Bildung jener Jahrringpartie, die man bisher als Herbstholz bezeichnete, in die Zeit von Mitte August bis gegen die Mitte oder das Ende des Septembers. Bei der Eiche aber beginnt die Entstehung des Herbstholzes schon Mitte Juni. Mer schlägt nun vor, Frühlingsholz jenes zu nennen, welches sich bis gegen die Mitte des Juni gebildet hat, Sommerholz aber dasjenige, das nach diesem Zeitpunkte entsteht.

Allein, wenn man bedenkt, dass innerhalb eines Jahresringes häufig ein allmäliger Übergang zwischen Frühlings-, Sommer- und Herbstholz stattfindet,[5] ferner, dass man bei einer vorliegenden Holzprobe nicht wissen kann, an welcher Stelle im Jahresring das in der zweiten Junihälfte entstandene Holz beginnt, und da endlich speciell bei den Coniferen die Bildung des von Mer so genannten Sommerholzes in die Zeit von Mitte August bis Mitte oder Ende September fällt, also in eine Zeit, welche meteorologisch mehr dem Herbst als dem Sommer entspricht, so scheint mir — wenigstens bei den Coniferen — die ältere Bezeichnung von Herbstholz zweckmässiger zu sein. Es könnte ferner die Annahme des Vorschlages Mer leicht Veranlassung zu Missverständnissen geben. Denn, was Mer Sommerholz nennen will, war bisher Herbstholz, was dagegen neue Autoren (Fischer, Kleeberg etc.) Sommerholz nennen, entspricht dem Frühlingholze der älteren Botaniker. Dazu kommt, dass nach der Angabe von Mer solches Holz, welches ein dem »Sommerholz« analoges Aussehen hat, auch im Frühjahre entstehen kann.

---

[1] Essner B., Über den diagnostischen Werth der Anzahl und Höhe der Markstrahlen bei den Coniferen. (Abhandl. d. Naturf. Gesellsch. zu Halle. Bd. XVI. 1886.)

[2] Ein Beitrag zur vergleichenden Anatomie des Markstrahlgewebes und der jährlichen Zuwachszonen im Holzkörper von Stamm, Wurzel und Ästen bei *Pinus Abies* L. (Flora. N. F. 43. Jahrg., der ganzen Reihe 68. Jahrg. 1885.)

[3] Wille, Zur Diagnostik des Coniferenholzes. (Sitzungsber. d. Naturf. Gesellsch. Halle 1887.)

[4] Mer E., Bois de printemps et bois d'automne. (Compt. rend. des séanc. de l'acad. des sc. de Paris. Tom. CXIV.)

[5] So leicht, wie sich Gregor Kraus die Unterscheidung von Frühlings- und Herbstholz (innerhalb eines Jahresringes) vorstellt, ist sie in der Regel nicht. (Kritisches hierüber später.)

Ich schlage desshalb die Bezeichnungen »Frühholz« und »Spätholz« vor, und werde mich derselben auch in der vorliegenden Schrift bedienen. Frühholz ist die markwärts, Spätholz die rindenwärts gelegene Partie des Jahresringes. Es entspricht also:

Frühlingsholz } aliorum = Frühlingsholz Mer = Frühholz mihi,
Sommerholz }
Herbstholz aliorum = Sommerholz Mer = Spätholz mihi.

Ich gehe nun zu meinen Beobachtungen über. Das Untersuchungsmaterial waren 18 verschiedene Stammhölzer der Fichte und ebensoviele der Lärche; zumeist ganze Querscheiben. Die Details der einzelnen Holzproben sind in den Tabellen angeführt. Bezüglich der dort vorkommenden Abbreviaturen sei nur bemerkt, dass ich die Abkürzung Jg. für das Wort Jahresring und die Buchstaben m. R. für den Ausdruck »mittlerer Radius« gebraucht habe. Letzterer entspricht dem arithmetischen Mittel aus dem längsten und kürzesten Halbmesser. Von einem Halb- oder Durchmesser (einer Querscheibe) schlechtweg kann man nur ausnahmsweise sprechen, da auch das Mark der orthotropen Stämme in der Regel eine excentrische Lage hat. Aus diesem Grunde kann auch nur von einer mittleren Breite der Jahresringe oder von der Breite des Jahresringes auf einem bestimmten Radius gesprochen werden. Bei allen ganzen Querscheiben (mit Ausnahme der Lärche X) wurden die Zellenmessungen etc. in der Richtung des längsten Halbmessers gemacht. Sämmtliche mikroskopisch bestimmten Längenmasse sind in Mikromillimetern ausgedrückt.

In den folgenden Tabellen gibt die Reihe *a* die Nummer des betreffenden Jahresringes (vom innersten gerechnet) an. Ich will gleich bemerken, dass bei Jahresringen, deren Breite weniger als einen Millimeter betrug, die am radialen Längsschnitt vorgenommenen Messungen zum Theil auch auf die beiderseits benachbarten Jahreszuwächse ausgedehnt wurden. So sind beispielsweise die beim 50. Jahresring der Fichte VII angegebenen Zahlen das Resultat der Messungen des ganzen 50. Jahresringes inclusive des Herbstholzes des 49. und des Frühlingsholzes des 51. Ringes.

In der Verticalreihe *b* ist die Breite des Jahresringes (auf dem längsten Radius) in Millimetern notirt.

Colonne *c* enthält die Grösse des radialen Durchmessers des Lumens der Frühtracheiden. Es wurden nur solche Holzzellen, und zwar einzeln gemessen, die unzweifelhaft den Typus der Frühtracheiden zeigten. Jede Zahl ist das Mittel aus ca. 70 Messungen.

In der folgenden Reihe *d* habe ich das maximale (radiale) Lumen der Frühtracheiden verzeichnet.

Columne *e* enthält den mittleren radialen Breitedurchmesser (Lumen + Wand) der Spättracheiden. Bei der überaus grossen Zahl von Messungen, die ich zu machen hatte, habe ich die Lumina hier nicht einzeln bestimmt, wie dies bei den Frühtracheiden geschehen ist. Ich habe die radiale Breite mehrerer nebeneinander liegender Spättracheiden in toto gemessen, und zwar an so vielen Schnitten, bis es möglich war, die mittlere Breite von 50 bis 80 Tracheiden zu berechnen. Die Messungen begannen von der letzten Holzzelle des Jahresringes. Übergangsformen von den Früh- zu den Spättracheiden blieben auch hier (wie bei *c*) ausgeschlossen.

Die Zahlen der Reihe *f* entsprechen dem mittleren Querdurchmesser des äusseren Tüpfelhofes der an der Radialwand der Frühtracheiden liegenden Tüpfel. Es wurden je circa 40—70 Messungen, und zwar an Einzeltüpfeln vorgenommen. Doppeltüpfel wurden nicht berücksichtigt, da diese an der Berührungsstelle häufig abgeplattet sind.

Die Zahlen der Columne *g* geben die Höhe der leitenden, porösen Zellen der Markstrahlen an. Es wurden so viele Markstrahlen (mit Ausschluss der Quertracheiden) gemessen, bis etwa 140—180 Zellen für die Berechnung vorlagen und hierauf durch Division der Summe der Markstrahlhöhen durch die Summe der Markstrahlzellreihen die mittlere Markstrahlzellhöhe berechnet. Markstrahlen, bei denen Quertracheiden zwischen leitenden (einfach getüpfelten) Markstrahlzellen vorkamen, wurden nicht zur Messung verwendet.

In Columne *h* ist berechnet, wie viele Markstrahlzellen auf 1 mm^2 des tangentialen Längsschnittes liegen. Es wurde zu diesem Zwecke die Zahl der Markstrahlzellen in 15—16 Gesichtsfeldern des Mikroskopes bestimmt, hierauf das Mittel genommen und dieses auf die Fläche von einem Quadratmillimeter reduzirt. Die Zählungen wurden in der Frühholzzone der Jahresringe vorgenommen.

Die Zahlen der letzten Verticalreihe *i* geben die mittlere Markstrahlhöhe an. Ich habe nämlich die Zellenzahl bei 70—80 im mikroskopischen Gesichtsfeld vollständig sichtbaren Markstrahlen notirt, und durch Division der Gesammtsumme der Zellen durch die Summe der zur Zählung benützten Markstrahlen jene Durchschnittszahlen ermittelt.

Fichte I. Sechsjährig; Beneschau in Böhmen.

α) Querscheibe von der Stammbasis: m. R. = 17·5 *mm*; 6 Jg. (1., 2. Reihe).
β) » » 1 *m* Höhe: » = 14 » 4 » (3. »).
γ) » » 2 » » » = 7·5 » 2 » (4. »).

a	*b*	*c*	*d*	*e*	*f*	*g*	*h*	*i*	
3—4	2·3	24·5	35	17·0	18·0	19·6	255	7	Zwillingstüpfel nirgends vorhanden.
4—5	3·0	27·8	40	18·4	18·1	19·2	240	9	
3—4	2·5	27·1	45	17·3	17·7	18·4	250	7	
2	2·5	26·6	40	17·5	16·4	20·2	230	6	
Mittel		26·5	40	17·5	17·5	19·3	244	7·2	

Fichte II. 30jährig; Vinica in Kroatien.

α) Querscheibe 1 *m* über dem Boden: m. R. = 50 *mm*; 25 Jg. (1., 2. Reihe).
β) » 2 » » » » » = 43 » 20 » (3., 4. »).
γ) » 3 » » » » » = 38 » 17 » (5., 6. »).

a	*b*	*c*	*d*	*e*	*f*	*g*	*h*	*i*	
5	2·5	28·6	35	16·6	17·2	20·8	290	8	Ausnahmsweise einzelne Zwillingstüpfel im 15. Jg.
15	2·7	30·0	45	16·4	19·8	18·4	280	8	
5	3·5	29·3	45	17·1	18·4	19·5	255	8	
15	3·5	30·0	50	18·9	18·5	19·2	270	8	
5	3·7	28·8	45	15·9	19·0	20·0	235	8	
15	1·3	30·5	50	17·9	19·5	19·2	245	8	
Mittel		29·5	45	17·1	18·7	19·5	262	8	

Fichte III.[1] Cylindrische Scheibe; m. R. = 150 *mm*; 86 Jg.

a	*b*	*c*	*d*	*e*	*f*	*g*	*h*	*i*	
1	1·0	16·2	20	14·9	12·7	29·5	340	5	
2	3·5	25·8	30	15·8	15·6	22·1	300	6	Zwillingstüpfel nirgends vorhanden.
3	3·2	26·3	35	16·5	17·1	20·3	290	7	
5	3·0	26·9	35	19·4	17·2	19·0	320	8	
10	3·0	33·9	45	20·0	21·0	19·0	280	9	
20	2·7	32·8	50	18·7	21·8	18·5	265	9	
30	1·2	34·6	50	21·5	22·3	18·1	275	8	
40	1·0	33·1	50	20·8	22·8	18·0	270	8	
80	1·0	33·6	50	21·6	23·5	17·6	265	9	
Mittel		29·2	41	18·8	19·3	20·2	290	7·7	

[1] Fichte III—X stammte aus den Sammlungen der Hochschule für Bodencultur in Wien.

Fichte IV. Ausschnitt aus einer Scheibe; m. R. = 170 *mm*; 75 Jg.

a	*b*	*c*	*d*	*e*	*f*	*g*	*h*	*i*	
1	0·7	12·2	15	14·6	9·0	28·6	295	5	Zwillingstüpfel nirgends vorhanden.
2	2·0	16·2	20	16·2	11·0	21·0	295	6	
3	3·2	22·7	30	16·8	14·1	20·2	290	7	
5	3·0	28·7	45	17·5	17·5	18·7	275	9	
10	3·0	30·4	45	19·8	19·5	18·1	295	9	
20	3·0	31·6	45	19·6	19·6	17·6	295	10	
25	3·2	32·3	45	19·1	19·9	18·2	300	10	
40	1·5	34·7	50	20·6	20·1	17·8	300	10	
50	2·0	35·0	50	19·8	21·3	17·6	315	10	
60	1·5	34·2	40	20·7	20·5	17·5	300	10	
75	1·0	36·5	50	20·2	21·6	17·5	295	10	
Mittel .	28·6	39·6	18·6	17·6	19·3	296	8·7		

Fichte V. Querscheibe von der Stammbasis; m. R. = 170 *mm*; 100 Jg.

a	*b*	*c*	*d*	*e*	*f*	*g*	*h*	*i*	
13[1]	8·0	34·3	50	21·6	19·5	18·7	315	10	
20	2·0	35·5	50	21·5	19·5	18·2	280	8	Zwillingstüpfel bis zum 50. Jg. nicht vorhanden; im 60.—80. Jg. ausnahmsweise, im 100. Jg. etwas häufiger auftretend.
30	3·0	34·7	45	22·6	19·8	18·4	260	9	
40	2·5	37·6	50	22·8	20·8	18·9	275	10	
50	1·5	38·0	50	21·8	20·6	18·6	265	10	
60	0·7	37·0	55	21·8	22·4	18·8	255	9	
80	0·7	37 6	50	22·0	22·5	19·0	250	9	
100	1·0	37·9	50	23·7	23·1	18·8	280	10	
Mittel .	36·5	50	22·2	21·0	18·7	272	9·4		

Fichte VI. Querscheibe; m. R. = 240 *mm* (auf Kalkboden erwachsen, 145jährig).

a	*b*	*c*	*d*	*e*	*f*	*g*	*h*	*i*	
1	1·0	16·3	25	12·8	10·7	27·6	340	5	Zwillingstüpfel vom 1.—10. Jg. nicht vorhanden; vom 20.—40. Jg. ausnahmsweise und einzeln; im 60. und 80. Jg. nicht selten, doch meist einzeln; ab und zu aber auch in mehreren Reihen.
2	2·5	22·1	28	15·1	14·6	23·0	330	5	
3	3·5	25·4	35	16·3	15·6	20·5	345	8	
5	4·0	31·8	40	17·3	18·5	18·8	310	9	
10	4·0	33·4	45	19·5	18·8	18·1	330	11	
20	3·0	38·0	50	20·5	19·3	17·9	295	11	
30	3·0	41·2	60	19·6	18·6	17·4	280	10	
40	2·0	39·4	50	19·8	19·8	17·2	285	10	
60	1·7	40·0	50	18·8	20·6	17·0	270	9	
80	1·0	40·1	50	18·6	22·3	17·4	265	10	
Mittel .	32·8	43·3	17·8	17·9	19·5	305	8·8		

[1] Wegen der grossen Ringbreite gewählt.

Fichte VII. Querscheibe 2 *m* über dem Boden; m. R. = 125 *mm*; 96 Jg.

a	*b*	*c*	*d*	*e*	*f*	*g*	*h*	*i*	
10	4·0	36·4	50	22·8	20·2	18·4	290	10	Nach langem Suchen trifft man auf einen Zwillingstüpfel.
20	3·0	36·8	50	22·9	21·5	18·5	275	10	
30	1·5	36·3	60	22·5	21·9	18·5	240	9	
40	1·0	36·7	45	22·5	22·5	18·6	230	9	
50	0·7	36·0	55	22·6	22·7	18·8	205	8	
Mittel .		36·4	52	22·7	21·8	18·6	248	9·2	

Fichte VIII. Querscheibe; m. R. = 180 *mm* (auf sandigem Lehmboden erwachsen, 210jährig).

a	*b*	*c*	*d*	*e*	*f*	*g*	*h*	*i*	
10	1·5	25·4	40	18·4	17·1	18·9	330	10	Zwillingstüpfel nicht vorhanden, nur im 40. und 190. Jg. wurden ganz ausnahmsweise einzelne Zwillingstüpfel angetroffen.
20	3 0	32·2	50	18·1	19·1	19·0	315	9	
30	2·0	32·1	45	17·4	19·2	19·1	290	10	
40	2·0	32·9	50	18·1	19·7	18·7	300	10	
60	1·0	31·4	40	17·6	20·1	18·4	235	9	
80	0·5	31·6	40	17·7	20·5	18·6	235	9	
100	0·7	32·0	40	18·0	21·3	18·4	240	9	
130	0·5	32·4	50	17·6	21·5	18·8	235	9	
160	0·7	32·4	45	17·7	22·0	18·5	240	8	
190	0·7	32·8	45	18·0	22·5	18·9	245	8	
Mittel .		31·5	44·5	17·9	20·3	18·7	267	9·1	

Fichte IX. Hinterberg bei Salzburg. Querscheibe; m. R. = 340 mm (auf humosem Lehmboden erwachsen, 140jährig).

a	*b*	*c*	*d*	*e*	*f*	*g*	*h*	*i*	
10	4·0	34·1	45	21·6	20·0	18·4	270	10	Zwillingstüpfel im 10. und 20. Jg. ausnahmsweise vorhanden, im 40.—70. Jg. treten Zwillingstüpfel in 1—3 Reihen, im 100. und 130. Jg. in 1—5 Reihen auf.
20	5·0	37·6	55	22·6	22·6	18·7	290	10	
30	4·5	38·6	55	21·9	23·4	18·8	300	11	
40	2·0	37·0	50	20·8	24·4	18·6	310	11	
50	1·5	38·5	50	20·8	24·4	18·0	260	10	
70	1·0	37·0	50	22·5	25·4	18·0	230	10	
100	1·0	38·1	60	21·9	25·5	18·0	235	11	
130	1·0	38·5	60	23·1	25·5	18·6	245	10	
Mittel .		37·4	53	21·9	23·9	18·4	267	10·4	

Fichte X. Querscheibe; m. R. = 320 *mm*; 160 Jg.

a	*b*	*c*	*d*	*e*	*f*	*g*	*h*	*i*	
1	0·7	14·0	20	13·3	8·0	28·1	280	5	Vom 1.—80. Jg. keine Zwillingstüpfel, in den späteren Jahresringen an manchen Stellen nicht selten vorhanden, jedoch immer nur einzeln.
2	0·9	15·6	20	13·5	10·5	23·3	290	6	
3	1·0	16·0	20	15·6	12·7	20·0	240	6	
5	1·0	18·1	30	16·1	14·0	19·7	240	6	
10	0·5	18·7	30	16·7	16·1	19·9	260	6	
30	0·5	24·4	35	16·6	17·9	20·4	220	6	
50	0·5	25·1	40	17·4	18·2	21·4	220	6	
80	2·0	28·8	40	18·4	19·7	20·6	300	8	
100	3·0	34·8	50	20·5	21·8	20·7	270	9	

a	*b*	*c*	*d*	*e*	*f*	*g*	*h*	*i*
125	3·0	36·3	55	20·2	21·7	20·0	270	10
140	3·2	40·3	55	20·0	22·5	20·1	300	11
160	1·2	36·4	55	20·2	22·5	20·6	270	11
Mittel .	25·7	37·5	17·4	17·1	21·2	263	7·5	

Fichte XI. Mitterdorf in Steiermark; Holzstück; m. R. = 110 *mm*; 36 Jg.

a	*b*	*c*	*d*	*e*	*f*	*g*	*h*	*i*	
10	4·5	33·8	50	18·1	20·2	18·5	265	10	Zwillingstüpfel nicht vorhanden.
30	2·5	36·2	55	23·6	21·6	17·8	265	10	
Mittel .	35·0	52·5	20·8	20·9	18·1	265	10		

Fichte XII. Holzstück aus einem älteren Stamme; m. R. = 53 *mm*; 42 Jg. (Untersucht wurden zwei Partien.)

a	*b*	*c*	*d*	*e*	*f*	*g*	*h*	*i*	
K	2	38·5	55	23·0	23·5	19·3	305	12	Zwillingstüpfel häufig und in mehreren (bis 10) Reihen übereinander vorkommend.
S	2	37·5	55	23·1	23·3	19·1	285	12	
Mittel .	38·0	55	23·0	23·4	19·2	295	12		

Fichte XIII. Stammstück; 13 Jg. auf m. R. = 34 *mm*.
» **XIV.** » 50 » » » = 64 »
» **XV.** » 20 » » » = 36 »
» **XVI.** » 13 » » » = 58 » (9. Ring).

a	*b*	*c*	*d*	*e*	*f*	*g*	*h*	*i*	
XIII	3·0	26·5	40	16·2	20·2	18·9	265	11	Bei XIII, XIV, XV Zwillingstüpfel nicht vorhanden; bei XVI Zwillingstüpfel nicht selten.
XIV	1·5	31·7	40	22·7	19·6	18·2	200	7	
XV	3·0	32·1	50	22·0	20·9	17·4	200	8	
XVI	6	36·5	55	26·6	24·3	19·2	250	10	
Mittel .	31·7	46·2	21·9	21·2	18·4	229	9		

Fichte XVII. Querscheibe; m. R. = 28 *mm*; 38 Jg.
» **XVIII.** » » = 24 » ; 11 »

a	*b*	*c*	*d*	*e*	*f*	*g*	*h*	*i*	
XVII	1·0	22·7	30	19·3	16·9	17·4	220	8	Zwillingstüpfel nicht vorhanden.
XVIII	3·0	25·1	40	18·4	16·6	19·7	200	8	
Mittel .	23·9	35	18·8	16·7	18·5	210	8		

Lärche I. Mitterdorf in Steiermark; Querscheibe; m. R. = 250 *mm*; 108 Jg. (88 Kern + 20 Splint).

a	*b*	*c*	*d*	*e*	*f*	*g*	*h*	*i*	
1	2·0	19·3	25	15·6	14·6	22·1	295	6	Zwillingstüpfel im 1.—5. Ring nicht vorhanden, vom 10.—40. Jg. nicht selten und in mehreren Reihen auftretend, im 50.—80. Jg. sehr häufig, im 100. Jg. geradezu typisch.
2	5·2	26·8	40	19·7	16·8	21·7	290	8	
3	4·0	30·5	40	20·3	18·6	21·5	315	9	
5	5·0	39·5	50	20·6	21·4	21·1	330	10	
10	4·0	43·7	55	23·0	21·9	21·0	285	11	
20	5·5	47·5	65	24·9	24·9	21·0	350	11	
30	4·0	47·9	70	24·7	25·3	21·5	320	13	
40	1·2	48·8	70	24·9	26·4	21·6	325	13	

a	*b*	*c*	*d*	*e*	*f*	*g*	*h*	*i*	
60	1·2	51·4	70	24·6	27·6	21·9	325	13	Zwillingstüpfel im 1.—5. Ring nicht vorhanden, vom 10.—40. Jg. nicht selten und in mehreren Reihen auftretend, im 50.—80. Jg. sehr häufig, im 100. Jg. geradezu typisch.
80	1·5	53·0	75	25·8	28·0	22·4	320	12	
100	1·2	56·1	75	24·4	28·5	22·4	315	12	
Mittel .	42·2	57·7	22·6	23·1	21·6	315	10·7		

Lärche II. Mitterdorf; Querscheibe; m. R. = 225 *mm*; 146 Jg. (118 Kern + 28 Splint).

a	*b*	*c*	*d*	*e*	*f*	*g*	*h*	*i*	
10	2	38·1	50	24·4	21·4	21·0	280	11	Zwillingstüpfel im 10. und 20. Jg. selten; im 30. häufig, in allen folgenden Jahresringen sehr häufig; im Splintholz in vielen Reihen übereinander stehend und wegen des massenhaften Auftretens auffallend.
20	2·5	41·7	55	23·8	23·4	20·6	235	11	
30	2·2	43·6	60	23·6	24·4	20·7	230	11	
40	4·5	44·8	60	24·8	24·8	21·1	285	13	
50	3·0	49·5	70	26·3	25·3	21·8	275	12	
60	3·0	50·4	65	26·8	25·3	21·0	280	12	
80	2·0	50·1	65	24·8	25·5	20·6	290	12	
100	1·5	53·1	80	25·6	25·6	21·2	305	13	
120	1·5	54·3	80	28·0	28·1	20·3	270	13	
140	1·0	60·5	85	28·3	28·8	20·8	260	12	
Mittel .	48·6	67	25·6	25·3	20·9	271	12		

Lärche III. Smilkau in Böhmen; Querscheibe; m. R. = 160 *mm*; 59 Jg. (38 Kern + 21 Splint).

a	*b*	*c*	*d*	*e*	*f*	*g*	*h*	*i*	
1	1·7	21·6	25	16·6	15·8	27·1	270	5	Zwillingstüpfel im 3. und 5. Jg. ausnahmsweise und vereinzelt; im 10.—20. ziemlich häufig; im 30.—50. häufig.
2	5·0	27·3	35	19·9	18·5	23·4	220	7	
3	3·0	32·5	45	19·5	20·1	21·3	270	9	
5	4·5	40·4	55	21·5	21·1	20·5	305	11	
10	6·0	47·3	65	23·5	23·7	20·7	310	12	
20	4·0	48·7	70	23·4	25·0	20·7	315	12	
30	2·0	51·7	70	25·6	26·5	21·3	285	13	
50	1·5	53·2	80	24·4	26·7	21·8	290	12	
Mittel .	40·3	55·6	21·8	22·2	22·1	283	10·1		

Lärche IV. Slavonien; Kernholzstück; 40 Jg. auf m. R. = 130 *mm*.

a	*b*	*c*	*d*	*e*	*f*	*g*	*h*	*i*	
5	3·2	34·6	45	20·4	19·5	21·3	290	8	Doppeltüpfel im 5. Jg. nicht vorhanden, im 10. Jg. ziemlich häufig, im 20. Jg. häufig, im 30. und 40. Jg. sehr häufig.
10	4·5	47·1	60	26·9	23·0	22·5	265	10	
20	4·5	52·1	65	26·5	24·4	21·3	280	11	
30	4·5	54·5	70	27·7	25·4	22·0	260	12	
40	3·0	54·9	75	28·1	25·6	22·4	255	11	
Mittel .	48·6	63	25·9	23·6	21·9	270	10·4		

Lärche V. Quadratische Platte von einem Pfosten; Kernholzstück; 75 Jg. auf m. R. = 95 *mm*.

a	*b*	*c*	*d*	*e*	*f*	*g*	*h*	*i*	
1	0·5	19·0	25	17·8	14·4	26·3	250	5	Zwillingstüpfel im 1.—10. Jg. nicht vorhanden; im 20. ausnahmsweise, im 30. einzeln, im 40. bis 70. Jg. häufig.
2	2·0	22·9	30	17·8	16·3	22·0	340	8	
3	3·0	27·4	35	18·9	18·3	20·2	330	9	
5	4·0	33·1	45	19·6	20·6	19·8	340	11	

a	*b*	*c*	*d*	*e*	*f*	*g*	*h*	*i*	
10	2·7	34·5	50	20·6	21·8	20·4	320	11	
20	2·0	37·4	55	22·7	24·1	22·0	280	10	Zwillingstüpfel im 1.—10. Jg. nicht vorhanden; im 20. ausnahmsweise, im 30. einzeln, im 40. bis 70. Jg. häufig anzutreffen.
30	1·7	45·4	65	23·0	24·7	22·0	285	12	
40	1·2	46·1	65	22·8	24·6	22·1	280	13	
50	0·7	46·2	65	24·4	24·9	22·5	280	13	
70	0·5	42·8	60	23·0	25·8	22·4	250	12	
Mittel .		35·5	49·5	21·1	21·6	22·0	295	10·4	

Lärche VI. Quadratische Platte von einem Pfosten; Kernholz; 65 Jg. auf m. R. = 120 *mm*.

a	*b*	*c*	*d*	*e*	*f*	*g*	*h*	*i*	
3	2·5	32·0	45	21·3	20·3	21·8	310	10	
10	3·0	38·5	50	23·7	23·2	21·9	270	12	
20	2·5	42·4	70	23·3	24·4	21·6	260	12	Zwillingstüpfel im 3. Jg. nicht vorhanden, im 10. selten, im 20. bis 40. ziemlich häufig, im 60. recht häufig.
30	1·5	42·0	55	25·3	24·6	21·7	250	12	
40	1·4	42·6	70	23·6	24·8	21·8	225	12	
60	1·0	42·7	60	26·0	24·6	21·6	220	12	
Mittel .		40·0	58	23·9	23·6	21·7	256	11·7	

Lärche VII. Holzstück auf m. R. = 138 *mm*; 75 Jg. (54 Kern + 21 Splint).

a	*b*	*c*	*d*	*e*	*f*	*g*	*h*	*i*	
20	4·0	45·4	50	25·3	24·8	21·3	245	10	
30	3·0	53·1	70	28·3	25·1	21·1	250	11	Zwillingstüpfel im 20. Jg. ziemlich häufig, in allen folgenden Jg. sehr häufig, zum Theil massenhaft.
40	2·5	54·1	60	29·3	25·1	21·7	260	12	
50	2·0	54·8	70	28·4	26·4	21·6	245	11	
70	0·5	56·9	75	27·8	26·8	22·4	240	11	
Mittel .		52·9	65	27·8	25·6	21·6	248	11	

Lärche VIII. Mitterdorf in Steiermark; Kernholzstück. Gemessen wurden drei innere (ältere) [i] und zwei äussere [a] Ringe.

a	*b*	*c*	*d*	*e*	*f*	*g*	*h*	*i*	
i	3·0	44·4	65	24·7	25·5	20·7	305	11	Zwillingstüpfel häufig.
a	2·0	47·2	65	26·5	26·8	20·4	300	13	
Mittel .		45·8	65	25·6	26·2	20·5	302	12	

Lärche IX. Mitterdorf; Holzstück auf m. R. = 71 *mm*; 41 Jg. (19 Kern + 22 Splint).

a	*b*	*c*	*d*	*e*	*f*	*g*	*h*	*i*	
K	2·0	40·0	60	24·8	25·7	22·5	250	12	Zwillingstüpfel häufig, besonders im Splint.
S	1·0	52·1	75	27·0	27·0	22·3	240	12	
Mittel .		46·0	67	25·9	26·3	22·4	245	12	

Lärche X. Bayerische Alpen; Querscheibe; m. R. = 192 *mm*; 145 Jg. (115 Kern + 30 Splint).

a	*b*	*c*	*d*	*e*	*f*	*g*	*h*	*i*	
40	2·0	50·1	75	21·7	24·1	20·6	260	11	Zwillingstüpfel häufig, im Splint massenhaft.
110	2·0	70·0	90	24·5	27·7	21·0	200	11	
Mittel .		60·1	83	23·1	25·9	20 8	230	11	

Lärche XI. Holzstück; auf m. R. = 40 *mm*; 35 Jg. (13 Kern + 22 Splint).

	a	*b*	*c*	*d*	*e*	*f*	*g*	*h*	*i*	
K.	2·0		53·1	80	26·0	26·5	22·2	280	12	Zwillingstüpfel massenhaft.
S.	1·5		56·3	85	25·0	26·8	21·2	310	13	
Mittel .			54·7	82·5	25·5	26·6	21·7	295	12·5	

Lärche XII. Holzstück; auf R. = 53 *mm*; 42 Jg. (24 Kern + 18 Splint).

	a	*b*	*c*	*d*	*e*	*f*	*g*	*h*	*i*	
K.	—		37·6	50	22·4	21·2	21·6	230	10	Zwillingstüpfel im K. einzeln, im Splint häufig.
S.	—		43·8	60	23·5	24·4	21·5	240	10	
Mittel .			40·7	55	22·9	22·8	21·5	235	10	

Lärche XIII. Smilkau in Böhmen; R. = 40 *mm*; 16 Jg. (9 Kern + 7 Splint).

	a	*b*	*c*	*d*	*e*	*f*	*g*	*h*	*i*	
1		1·3	17·7	20	14·6	16·0	24·9	275	5·2	Zwillingstüpfel im 1.—5. Jg. nicht vorhanden, im 15. Jg. häufig.
2		1·5	20·8	32	20·0	20·1	22·8	300	6·0	
3		5·0	25·0	32	21·8	18·3	21·8	290	6·2	
5		4·5	34·0	45	21·1	21·2	22·0	300	8	
15		2·0	46·0	65	24·7	25·8	21·7	295	10	
Mittel .			28·7	38·8	20·4	20·3	22·6	292	7	

Lärche XIV. Kernholzstück.
» **XV.** »

	a	*b*	*c*	*d*	*e*	*f*	*g*	*h*	*i*	
XV		1·5	41·5	55	23·2	22·3	20·5	270	13	Zwillingstüpfel häufig.
XIV		1·5	50·6	70	25·1	24·0	21·7	240	13	Zwillingstüpfel sehr häufig.
Mittel .			46·0	62·5	24·1	23·1	21·1	255	13	

Lärche XVI. Holzstück; m. R. = 27 *mm*; 22 Rg. (7 Kern + 15 Splint).
» **XVII.** Querscheibe; » = 27 » ; 20 » (6 » + 14 »).
» **XVIII.** » ; » = 23 » ; 9 » (0 » + 8 »).

	a	*b*	*c*	*d*	*e*	*f*	*g*	*h*	*i*	
Kn.	—		43·4	60	23·3	24·4	21·1	240	12	Zwillingstüpfel nirgends vorhanden.
Sp.	—		35·7	50	24·1	21·5	20·4	240	11	
Sp.	—		36·4	50	25·8	23·5	21·9	280	10	
Mittel .			38·5	53	24·4	23·1	21·1	253	11	

Im Folgenden stelle ich die beobachteten Grenzwerthe, sowie die häufigsten Werthe zusammen:

Grenzwerthe.

	Fichte	Lärche
Radiales Lumen, Frühtracheiden . . .	12·2—41·2 μ	17·7—70 μ
Beobachtetes Maximallumen	15—60 »	20—90 »
Radiale Breite, Spättracheiden	12·8—26·6 »	14·6—29·3 »
Querdurchmesser der Tüpfel	9·0—25·5 »	14·4—28·8 »
Höhe der Markstrahlzellen	17·0—29·5 »	19 8—27·1 »
Markstrahlzellen pr. mm^2	200—345 »	200—350 »
Mittlere Höhe der Markstrahlen . . .	5—12 »	5—13 »

Häufigste Werthe.

	Fichte	Lärche
Radiales Lumen, Frühtracheiden . . .	29—39 μ	42—53 μ
Beobachtetes Maximallumen	35—55 »	55—70 »
Radiale Breite, Spättracheiden	16—23 »	20—28 »
Querdurchmesser der Tüpfel	18—23 »	21—27 »
Höhe der Markstrahlzellen	17—21 »	20—22 »
Markstrahlzellen pr. mm^2	235—240 » 265—300 »	240—290 »
Mittlere Höhe der Markstrahlen . . .	8—10 »	10—13 »

Ich werde nun die einzelnen histologischen Elemente speciell besprechen.

Frühtracheiden (Frühlingsholzzellen.

Der radiale Durchmesser des Lumens der Frühtracheiden wächst (im Allgemeinen) mit der fortschreitenden Bildung neuer Jahresringe. Die beobachteten Werthe bewegten sich bei der Fichte zwischen 12—41 μ, bei der Lärche zwischen 18—70 μ. Die häufigsten Werthe waren bei der Fichte 29—39 μ, bei der Lärche 42—53 μ.

Mohl[1] fand auf Grund »weniger Messungen« den radialen Durchmesser (Lumen + Wand) der Frühtracheiden einer Fichte 34·2 μ; bei einem Lärchenstamme, der auf einen Durchmesser von 546 *mm* 75 Jahresringe hatte, betrug der radiale Durchmesser der Frühtracheiden (Lumen und Wand) 57·1 μ, der radiale Durchmesser des Lumens 51·3 μ. Nach Messungen von Wiesner (l. c.) betrug die mittlere Breite der weitesten Holzzellen bei der Fichte 0·036 *mm*, bei der (europäischen) Lärche 0·050 *mm*. Kraus (Beiträge, l. c.) berechnete die mittlere Breite der Frühtracheiden im 50. Jahresring eines Lärchenstammes mit 0·047 *mm*. Endlich hat E. Schulze (l. c.) die »mittlere Breite« der ersten Frühjahrsholzzellen in verschiedenen Jahresringen einer Lärchenholzplatte bestimmt. Die Messungen wurden an mittelst Salpetersäure isolirten Zellen gemacht, und ergaben:

1. Jg.	26·7 μ	21. Jg.	39·7 μ
2. »	24·8 »	31. »	42·2 »
6. »	31·3 »	41. »	48·5 »
11. »	37·6 »	51. »	47·7 »

Wie man sieht, stimmen die von Mohl, Wiesner, Kraus und Schulze gefundenen Zahlen soweit dies bei der geringen Menge und Verschiedenheit des Untersuchungsmateriales möglich ist, sowohl untereinander, als auch mit den von mir gefundenen Werthen überein. Wie ferner aus meinen Messungen hervorgeht, ist das Maximum des häufigsten Werthes bei der Fichte kleiner als das Maximum des häufigsten Werthes bei der Lärche. Es gibt daher das Mass des radialen Lumens der Frühtracheiden mit gleichzeitiger Berücksichtigung anderer histologischer Eigenthümlichkeiten ein diagnostisches Merkmal des Fichten- und Lärchenstammholzes.

Über den tangentialen Durchmesser der Frühtracheiden habe ich keine Beobachtungen gemacht. Mohl fand ihn bei seiner Fichte gleich 25·8 μ, bei seiner Lärche gleich 37·2 μ.

Die grösste radiale Weite der Frühholzzellen schwankte, wie aus meinen Tabellen ersichtlich ist, bei der Fichte zwischen 15—60 μ, bei der Lärche zwischen 20—90 μ. Der häufigste Werth war bei der erstgenannten Holzart 35—55 μ, bei der letztgenannten 55—70 μ. Das Maximum bei der Fichte ist gleich dem Minimum bei der Lärche.

[1] L. c. Die von Mohl in »Linien« angegebenen Masse sind hier durchwegs in Mikromillimeter umgerechnet.

Über die Längendimensionen der Frühtracheiden liegt nur eine Beobachtungsreihe von Schulze (l. c.) vor. Derselbe fand die »mittlere Länge« der Frühlingsholzzellen bei zwei Lärchen (*A*, *B* [Mittelwerthe aus meist je 20 Messungen]):

	A	*B*		*A*	*B*
1. Jg.	1·1 *mm*	1·1 *mm*	20. Jg.	3·8 *mm*	2·9 *mm*
5. »	2·4 »	1·9 »	30. »	3·8 »	3·0 »
10. »	3·4 »	2·7 »	40. »	3·8 »	3·3 »

Als Mittel aus diesen zwölf Bestimmungen ergibt sich der Werth von 2·77 *mm*. Wünschenswerth wären (zum Vergleiche) analoge Messungen bei der Fichte gewesen.

Kraus (Beiträge, l. c.) meint, fussend auf die Beobachtungen von Mohl und auf eigene Erfahrungen, dass die Zellenweite sehr variabel und nicht leicht verwendbar sei, und dass dennoch zwei Autoren von der Zellengrösse (der Frühlingsholzzellen) zur Diagnostik von Hölzern Gebrauch gemacht haben. »So hat Agardh wesentlich auf die Mohl'schen Zahlen hin in seiner Arbeit über Spitzbergische Treibhölzer diese für Lärchenhölzer erklärt. In gleicher Weise hat Wiesner nach Grössenmessungen der Holzzellen die Lärchennatur einiger Treibhölzer bestimmt.« Ich habe mir — und zwar aus eigenem Interesse — von den fünf Treibhölzern, welche Wiesner von der hiesigen kaiserlichen Akademie der Wissenschaften seinerzeit zur Untersuchung erhielt, die von dem genannten Forscher sub Nr. 3, 4, 5 beschriebenen Stücke mikroskopisch angesehen und gefunden, dass die Wiesner'schen Bestimmungen vollkommen correct waren.

Spättracheiden (Herbstholzzellen).

Mohl fand den radialen Durchmesser der Spättracheiden im Stammholz einer Fichte 14 μ, im Stammholz einer Lärche 21 μ; Kraus (l. c.) im 50. Ring einer Lärche 35 μ. Nach den Beobachtungen von Schulze (l. c.) betrug die »mittlere Breite« der Spättracheiden einer Lärche innerhalb des 1.—50. Jahresringes 19—35·5 μ, im ganzen Durchschnitt 29·4 μ. In verschiedenen Höhen des Stammes schwankte der Werth innerhalb des 10.—40. Jahresringes zwischen 26·4—34·3 μ.

Bei den von mir untersuchten Stammhölzern bewegte sich die radiale Breite (Lumen und Wand) der Spättracheiden zwischen 12·8—26·6 μ bei der Fichte, und 14·6—29·3 μ bei der Lärche. Als häufigste Grösse ergab sich 16—23 μ, beziehungsweise 20—28 μ.

Die grösseren Differenzen der hier mitgetheilten Zahlen erklären sich theils aus der Verschiedenheit des untersuchten Materiales, theils daraus, dass die typischen Früh- und Spättracheiden häufig durch Mittelformen verbunden sind. Misst man daher bloss die letzten Holzzellen des Jahresringes, so wird man kleinere Zahlen erhalten, als wenn man eine breitere Reihe von Spättracheiden in Betracht zieht, und dadurch schon zum Theil in die weiteren Sommerholzzellen kommt. Ich habe bei meinen in der Herbstholzzone des Jahresringes vorgenommenen Messungen nur jene Spättracheiden berücksichtigt, deren Lumen bei der Fichte nicht über 0·015 *mm*, bei der Lärche nicht über 0·018 *mm* hinausging.

Sehr leicht hat sich Gr. Kraus die Unterscheidung von Früh- und Spättracheiden vorgestellt. Derselbe gibt für die letzteren folgendes Signalement:[1] »Herbst- und Frühlingsholz lassen sich (bei den Coniferen) leicht von einander unterscheiden: die Herbstholzzelle ist der Frühlingsholzzelle gegenüber dickwandig, radial schmäler, zugespitzt, mit Tangentialtüpfeln versehen und spiralig gestreift.« Darauf habe ich Folgendes zu erwiedern: In manchen Fällen, wie beispielsweise in sehr schmalen Jahresringen des Stamm- und Wurzelholzes, lassen sich allerdings Frühlings- und Herbstholzzellen von einander unterscheiden durch die unvermittelte Englumigkeit und Dickwandigkeit der letzteren. Dagegen findet im Astholze und in breiteren Jahresringen des Stamm- und Wurzelholzes meistens ein allmäliger Übergang der Holzzellen statt, und man kann genug dickwandige Mitteltracheiden finden, die man ebensogut für

[1] Kraus Gregor, Mikroskopische Untersuchungen über den Bau lebender und vorweltlicher Nadelhölzer. (Würzburger naturwiss. Zeitschr. Bd. V, S. 158.)

Herbst, wie für Frühlingstracheiden erklären könnte. Was die Zuspitzung betrifft, so kann man dieselbe bei allen Holzzellen im Jahresringe finden. Die Tangentialtüpfel treten nicht nur an typischen Herbstholzzellen (deren Wanddicke grösser ist als der Durchmesser des Lumens) auf, sondern auch auf solchen Tracheiden, deren Lichtendurchmesser die Zellwanddicke mehrmals übertrifft. Was endlich die spiralige Streifung anbelangt, so will ich gleich hier bemerken, dass diese Erscheinung nach meinen zahlreichen Beobachtungen kein charakteristisches Merkmal der Herbstholzzelle ist, wenigstens nicht bei der Fichte und Lärche. Im Stammholze tritt die Streifung nur an Spättracheiden der inneren Jahresringe auf, und im Wurzelholz ist sie in der Regel überhaupt nicht sichtbar.

Ganz richtig bemerkt Fischer (l. c.) »eine grosse Schwierigkeit bietet die Feststellung einer scharfen Grenze zwischen dem Sommerholz und dem meist allmälig aus diesem sich fortsetzenden Herbstholze innerhalb eines Jahresringes«. Der genannte Autor nahm bei seinen Untersuchungen die Grenze dort an, »wo bei schwacher Vergrösserung (etwa $^1/_{100}$) eine deutliche Verdickung (der Wand) eben bemerkt wird«.

Über die Streifung der Spättracheiden sind bisher zumeist nur unbestimmte Angaben gemacht worden. Wiesner[1] gibt bezüglich des Lärchenstammholzes an: »die Herbstholzzellen der Lärche erscheinen stets spiralig gestreift, was bei der Fichte nicht immer zu bemerken ist«. Vom Fichtenholze sagt der genannte Forscher: »die Herbstholzzellen sind manchmal spiralig gestreift«. Diesen Satz hat auch Möller in seine »vergleichende Anatomie des Holzes« aufgenommen; auf die Streifung des Lärchenholzes hat er vergessen; ob er sie überhaupt gesehen hat, weiss ich nicht. Kraus G. bemerkt Folgendes: »Bereits in meinen ‚mikroskopischen Untersuchungen' habe ich mit Goeppert auf die allgemeine Verbreitung der spiraligen Streifung der Holzzellen, aber auch auf ihre Inconstanz hingewiesen«. Etwas genauer drückt sich Kleeberg (l. c.) aus: »fast alle Holzzellen der Coniferen zeigen, sofern sie den ersten Jahresringen angehören, auf ihrer inneren Wand ein System von hellen und dunkleren Streifen, die parallel unter sich verlaufen«. Im speciellen (analytischen) Theil seiner Abhandlung heisst es: *Larix:* »Herbstholzzellen zuweilen mit schraubenliniger Verdickung, die an diejenige der Fichten erinnert«. Fichte: Herbstholz nur wenig schraubenlinig verdickt.«

Nach meinen Beobachtungen kommt die Streifung im Stammholz der Fichte und Lärche (übereinstimmend mit der Angabe von Kleeberg) zumeist nur in den ersten Jahresringen vor. Sie war bei Fichte I, III, IV im 5. Jahresring, bei Fichte VI und VII im 10., bei Fichte V im 13., bei Fichte VIII im 20. Jahresring nicht mehr sichtbar. Bei Fichte X zeigten die Spättracheiden noch im 30. Jahresring schwache Streifung; in den folgenden Ringen war sie nicht vorhanden. Lärche V zeigte Streifung bis zum 5., IV bis zum 10., VII bis zum 20., III, IV bis zum 30. Jahresring. Bei Lärche II war sie noch im 60. Jahresring schwach erkennbar.

Die Streifen erscheinen bald horizontal, bald schräg parallel, in anderen Fällen diagonal gekreuzt oder schraubenlinig. Nicht selten kann man bemerken, dass die Streifung in den innersten Jahresringen markant hervortritt, in den späteren Jahreszuwächsen schwächer wird und sich allmälig verliert. Zwischen Fichte und Lärche zeigen sich nur unwesentliche Unterschiede. Im Stammholz der Lärche ist die Streifung (im Allgemeinen) stärker, derber ausgeprägt und setzt sich durch eine grössere Zahl von Jahresringen fort als bei der Fichte. Über die Streifung im Ast- und Wurzelholz werde ich später sprechen.

Die Länge der Spättracheiden hat Schulze (l. c.) bei einer Fichten- und zwei Lärchenplatten gemessen. Derselbe erhielt die folgenden Werthe (auf eine Decimale gekürzt):

	Fichte	Lärche *A*	Lärche *B*
1. Jg.	1·0 *mm*	1·5 *mm*	1·7 *mm*
2 »	1·0 »	2·4 »	1·9 »
3 »	1·3 »	2·8 »	2·1 »

[1] Wiesner J., Die Rohstoffe des Pflanzenreiches, Leipzig 1873. S. 622.

	Fichte	Lärche *A*	Lärche *B*
5 Jg.	1·6 *mm*	3·1 *mm*	2·4 *mm*
10 »	1·9 »	3·7 »	3·2 »
20 »	2·7 »	4·5 »	3·9 »
30 »	3·5 »	4·4 »	4·2 »
40 »	3·8 »	4·9 »	4·2 »
50[1] »	4·1 »	4·8 »	—

Durch Vergleich mit den früheren Zahlen ergibt sich, dass *a)* die Spättracheiden der Lärche länger sind, als die Frühtracheiden dieser Baumart, und *b)* dass die Spättracheiden im Stammholz der Fichte kürzer sind als jene im Stammholz der Lärche.

Tüpfel.

Bekanntlich sind, wie bei anderen Coniferen auch bei der Fichte und Lärche behöfte Tüpfel sowohl an den Radial- als an den Tangentialwänden der Tracheiden ausgebildet. Hier soll zunächst nur von den Radialtüpfeln der Frühtracheiden gesprochen werden. Mohl (l. c.) gibt den Durchmesser des Lärchentüpfels (im Stammholz) mit 24·2 μ an. Kraus (Beiträge etc. l. c.) mass den Längsdurchmesser des äusseren Tüpfelhofes in verschiedenen Jahresringen eines 52jährigen Lärchenstammes. Es ergab sich:

I	II	V	X	XX	XXX	XL	L
14·7	16·9	19·2	21·5	21·5	21·1	20·6	20·4 μ

wobei die römischen Zeichen den betreffenden Jahresring, die arabischen Zahlen den Durchmesser des Tüpfelhofes bedeuten. Eine grössere Anzahl diesbezüglicher Messungen hat Wille ausgeführt. Er bestimmte — und zwar in der Längsrichtung der Zellen — den Durchmesser des äusseren und inneren Tüpfelhofes in den beiden letzten Herbst- und den zwei ersten Frühholzzellen. Berechnet man das Mittel aus den beiden ersten Frühtracheiden, so ergibt sich:

Jahresring	I	II	III	V	X	XX	XXX	XL	L
Fichte	11·4	11·6	12·5	14·2	14·1	14·8	14·4	14·6	—
Lärche	13·7	14·8	15·5	16·0	15·4	15·9	15·3	16·3	15·7

Ich fand als

	Fichte	Lärche
Grenzwerthe	9·0—25·5 μ	14·4—28·8 μ
häufigste Werthe . . .	18—23 »	21—27 »

Übereinstimmend mit Wille habe ich gefunden, dass die Lärche grössere Tüpfel hat als die Fichte. Die von Wille angegebenen Zahlen sind im Allgemeinen kleiner als die von mir beobachteten. Es erklärt sich dies daraus, weil Wille den Längen-, ich aber den Querdurchmesser der Tüpfel gemessen hat. Nun ist aber bekanntlich der Tüpfelhof sehr häufig nicht kreisförmig, sondern elliptisch, wobei die lange Achse in der Querrichtung, die kurze Achse in der Längsrichtung der Tracheiden liegt. Noch möchte ich bemerken, dass ich ausschliesslich Solo-Tüpfel berücksichtigt habe. Bei Zwillingstüpfeln ist der radiale Durchmesser häufig kleiner als bei Einzeltüpfeln, da erstere an der Berührungsstelle meist abgeplattet sind.

Wie aus meinen Tabellen hervorgeht, wächst der Tüpfeldurchmesser fast ohne Ausnahme mit der fortschreitenden Bildung neuer Jahresringe, auch in dem Falle, wenn der radiale Durchmesser der Frühtracheiden kleiner wird.

Ein beachtenswerthes diagnostisches Merkmal des Fichten- und Lärchenstammholzes ist das Vorkommen von doppelreihigen Tüpfeln (oder Zwillingstüpfeln wie ich sie nenne) an den Radialwänden der Frühtracheiden. Schon Mohl hat auf das Vorkommen doppelreihiger Tüpfel im Stammholze,

[1] Vom 60.—140. Jg. schwankte die Länge zwischen 4·16—4·82 *mm*.

namentlich der Lärche hingewiesen. Wiesner (l. c.) gibt an, dass viele Holzzellen von *Larix europaea* mit zweireihigen Tüpfeln versehen sind, dass bei *Larix sibirica* nicht selten dreireihig getüpfelte Holzzellen vorkommen, »während die Tracheiden des Fichtenholzes fast immer einreihig getüpfelt sind«. Ich habe dem Vorkommen von doppelreihigen Tüpfeln (Zwillingstüpfeln) besondere Beachtung geschenkt und kann Folgendes aussagen:

Bei der Fichte I, III, IV, XI, XIII, XIV, XV, XVII, XVIII habe ich Zwillingstüpfel überhaupt nicht gesehen. Bei Fichte II, VII, VIII traten dieselben äusserst selten und nur ausnahmsweise auf. Bei der Fichte VI waren Doppeltüpfel bis zum 10. Jg., bei V bis zum 50. Jg., bei X bis zum 80. Jg. nicht vorhanden. Dagegen traten Zwillingstüpfel auf: bei

Fichte	V	im	60.—80. Jg.	ausnahmsweise,	im	10. Jg.	häufiger
»	VI	»	20.—40. Jg.	»	»	60.— 80. Jg.	nicht selten
»	IX	»	20.—30. Jg.	»	»	40.—130. Jg.	» »
»	X	»	1.—80. Jg.	nicht	»	100.—160. Jg.	» »

Bei Fichte XVI waren Zwillingstüpfel nicht selten, bei Fichte XII häufig zu sehen. Die Zwillingstüpfel kamen in der Regel nur in einzelnen Paaren vor; blos in den letzten (100 – 130) Jahresringen der Fichte IX und in der Fichte XII traten sie (ähnlich wie bei der Lärche) in mehreren Reihen übereinanderliegend auf.

Bei den untersuchten Lärchenstammhölzern waren Zwillingstüpfel vorhanden:

Lärche	I	bis 5. Jg. keine; im 10.—100. Jg. häufig, z. Th. massenhaft.
»	II	im 10.—20. Jg. selten, im 30.—40. Jg. sehr häufig.
»	III	im 3. und 5. Jg. ausnahmsweise, im 10.—50. Jg. häufig.
»	IV	im 5. Jg. keine, im 10.—20. Jg. häufig, im 30.—40. Jg. sehr häufig.
»	V	bis 10. Jg. keine, im 20.—30. Jg. vereinzelt, im 40.—75. Jg. häufig.
»	VI	im 3. Jg. keine, im 10. Jg. selten, im 20.—60. Jg. häufig.
»	VII	im 20. Jg. häufig, im 30.—70. Jg. sehr häufig, z. Th. massenhaft.
»	XIV	im 5. Jg. keine, im 15. Jg. häufig.
»	VIII, IX, X, XI, XV	häufig.
»	XII, XIII	nicht selten.
»	XVI, XVII, XVIII	nicht vorhanden.

Es ergibt sich im Allgemeinen das Resultat, dass das Vorkommen von Zwillingstüpfeln im Stammholze der Fichte als Ausnahme, im Stammholz der Lärche als Regel zu betrachten ist. Wo ferner Zwillingstüpfel im Fichtenholze vorkommen, findet man sie zumeist nur in einzelnen Paaren zwischen den einreihigen Tüpfeln zerstreut. Was die Lärche betrifft, so kommen Zwillingstüpfel in den ersten fünf Jahresringen nicht oder nur ausnahmsweise zur Entwicklung; aber schon vom 10. Jg. an sind sie gewöhnlich häufig zu finden; sie treten nicht vereinzelt, sondern in mehreren Reihen übereinanderliegend auf und erreichen im Splint älterer Stämme eine solche Massenhaftigkeit, dass sie oft die Radialwand der Tracheiden ganz bedecken und Einzeltüpfel viel seltener sind. Bei den Lärchen XVI, XVII, XVIII fand ich keine Doppeltüpfel. Nr. XVIII kommt kaum in Betracht, da die Stammscheibe nur acht Jahresringe hatte. Die Scheiben XVI und XVII hatten wohl 22, beziehungsweise 20 Jahresringe. Sie wurden von Stammstücken abgesägt, die sich in der Sammlung des botanischen Gartens (aus der Zeit Prof. Unger's) befinden und offenbar von kümmerlich erwachsenen Bäumen herstammen. Es ergibt sich dies aus der geringen Weite der Jahresringe im Vergleiche mit den inneren (1—20) Jahresringen anderer Lärchenstämme. Es bilden diese beiden Lärchen durch das Fehlen der Zwillingstüpfel ebenso eine Ausnahme wie andererseits die Holzprobe der Fichte XII durch den Besitz zahlreicher, oft in mehreren geschlossenen Reihen stehender Doppeltüpfel.

Wille hat den Durchmesser des inneren Tüpfelhofes an den beiden ersten Frühtracheiden verschiedener Jahresringe gemessen. Bei der Fichte schwankte derselbe (an sechs Scheiben aus verschiedener Stammhöhe bestimmt) zwischen 1·68 μ—3·97 μ; bei der Lärche (im I.—XL. Jahresring) zwischen 3·31 μ—4·26 μ.

Der genannte Autor hat auch die Radialtüpfel an der letzten und vorletzten Herbstholztracheide gemessen und fand:

Fichte vorletzte Tr. 5·59—8·67 μ, letzte Tr. 5·15—7·20 μ
Lärche » » 4·19—6·62 » » » 3·23—5·62 »

Aus diesen Beobachtungen ergibt sich mit Berücksichtigung der von Wille für den äusseren Tüpfelhof der Frühtracheiden gefundenen (von mir früher reproducirten) Zahlen erstens, dass der Durchmesser der Tüpfel an den zwei letzten Herbstholzzellen bei der Fichte grösser ist als bei der Lärche, während bezüglich der Tüpfel an den beiden ersten Frühtracheiden das Umgekehrte der Fall ist und zweitens (als Consequenz davon), dass der Durchmesser des äusseren Tüpfelhofes der beiden ersten Frühtracheiden bei der Fichte etwa $1^1/_2$—2mal, bei der Lärche etwa $2^1/_2$—4mal grösser ist als der Durchmesser der beiden letzten Spättracheiden. Bezüglich des inneren Tüpfelhofes zeigte sich eine Variation des Durchmessers in demselben Sinne wie bei den äusseren Tüpfelhöfen.

Was die Tangentialtüpfel betrifft, so gibt Kraus (Beiträge l. c.) an, dass sie bei der Fichte »zahlreich vorhanden« sind, und dass *Larix decidua* auf 1—4 Tangentialwänden (vom Cambium aus gezählt) Tangentialtüpfel hat. Ich selbst habe keine Beobachtungen hierüber notirt. Die Tangentialtüpfel wären als Gegenstand einer besonderen Untersuchung zu empfehlen.

Markstrahlen.

Die Markstrahlen der Fichte und Lärche sind bekanntlich aus Zellen zweierlei Art gebildet. Es sind dies: *a)* dünnwandige, meist unregelmässig contourirte, mit Hoftüpfeln versehene Elemente, und *b)* viel stärker verdickte, in radialer Richtung gestreckte Zellen mit einfachen Tüpfeln (»Poren«). Schroeder (l. c.) nennt die ersteren »äussere Markstrahlen«, die letzteren »innere Markstrahlen« als gekürzten Ausdruck für »äussere und innere Markstrahlzellen«. Diese letzte Bezeichnung ist aber mit der Thatsache nicht gut vereinbar, dass »äussere« Markstrahlzellreihen — wenigstens bei Fichte und Lärche — häufig im Inneren des Markstrahles, also zwischen den inneren Markstrahlzellreihen auftreten. Auch gibt es Markstrahlen, die ausschliesslich aus »äusseren« Markstrahlzellen bestehen, und solche, bei denen die letzteren nur auf einer Seite der »inneren« ausgebildet sind. De Bary [1] hat die dünnwandigen, behöft getüpfelten Markstrahlzellen mit den Namen »liegende Tracheiden« bezeichnet. (Gegenwärtig ist der Ausdruck »Quertracheiden« gebräuchlich.) Für die dickwandigen, porösen Zellen gebraucht Schulze (l. c.) den Ausdruck »normale Markstrahlen«, Kleeberg (l. c.) nennt sie »Parenchymzellen«, Kny [2] »leitende Markstrahlzellen«, da sie zur Speicherung und Leitung plastischer Stoffe dienen. Ich werde mich im Folgenden der Worte »Quertracheiden« und Leitzellen« bedienen.

a) Anzahl der Markstrahlen.

Über die Zahl der Markstrahlen auf einer bestimmten Flächeneinheit liegen nur wenige Beobachtungen vor. Fischer (l. c.) bestimmte bei vier verschiedenen Fichten die Zahl der Markstrahlen. Er fand bei Fichte I 12—29, F. II 10—39, F. III 13—29, F. IV 13—40 Markstrahlen. Ob sich jedoch diese Zahlen auf die Fläche des mikroskopischen Gesichtsfeldes (0·25 mm^2) oder auf jene von einem Quadratmillimeter beziehen, konnte ich aus der Abhandlung des Autors nicht entnehmen. Essner (l. c.) zählte bei einer Reihe

[1] De Bary A. Vergleichende Anatomie der Vegetationsorgane etc. 1877 p. 506.
[2] Kny L. Anatomie des Holzes von *Pinus silvestris L.* Berlin 1884.

von Coniferen die Anzahl der Markstrahlen in verschiedenen Jahresringen. Er fand unter Anderen als Mittel aus nur je 10 Einzelzählungen für zwei Fichten (*A, B*) und eine Lärche an Markstrahlen:

Jahresringe . . .	I	V	X	XX	XXIV	XXXV	L
Fichte *A*	72	45	45	—	41	—	—
» *B*	66	—	63	64	—	—	73
Lärche	63	47	38	38	—	38	37

Aus diesen Zahlen lässt sich »über das Verhalten der Markstrahlen innerhalb der verschiedenen Jahre desselben Stammquerschnittes« wohl so ziemlich nichts aussagen.

Kraus (vergl. Unters. l. c.) meint, dass »die Häufigkeit der Markstrahlen« zweckmässig als regelmässiger Terminus in jede Diagnose einzuführen sei. Bezüglich der Fichte und Lärche müssen erst auszuführende Untersuchungen lehren, ob die Markstrahlenanzahl einen »diagnostischen Terminus« abgibt

De Bary (l. c.) hat einige Beispiele von Markstrahlen angeführt, bei denen Quertracheiden mit Leitzellen abwechseln. Er bezeichnet die ersteren mit römischen, die letzteren mit arabischen Ziffern.

Larix: *a)* I. 1. II. 6. I. *b)* I. 1. IV. 9. 1.

Unter den zahlreichen Markstrahlen, die ich sah, hatte manche eine nicht uninteressante Zusammensetzung aus Quertracheiden und Leitzellen. Ich führe z. B. an:

Fichte III I+7+I+1+VI+6+I+1+II.
» X *a)* VII+1+I, *b)* 1+7+I+1+I, *c)* I+1+I+4+1, *d)* I+5+II+8+I.
» XII *a)* II+3+II+12+I+2+I, *b)* II+1+I+9+VII+4+III+9+1+5+1.

Lärche II II+26+1+7+I+2+IV+12+1.
» V *a)* I+13+II+16+1, *b)* I+4+II+1+II+3+1.
» IX *a)* I+3+II+1+2, *b)* I+2+I+1+I.
» XV II+15+II+12+II.

b) Höhe der Markstrahlzellen.

Von Schneider (l. c.) wird angegeben, dass die (leitenden) Markstrahlzellen bei der Lärche 0·21 *mm*, bei der Fichte nur 0·016 *mm* breit[1] sind. Über die Menge und Qualität des Untersuchungsmateriales, über die Anzahl der Messungen u. s. w. theilt er nichts mit. Essner (l. c.) fand »für den gesammten Querschnitt« (circa 50 Jahresringe) folgende Werthe:

Fichte: Grenzen 0·012—0·020 *mm* Mittel 0·017 *mm*
Lärche: » 0·015—0·025 » » 0·019 »

Aus meinen Beobachtungen ergeben sich die Grenzwerthe 17—29·5 für die Fichte und 19·8—27·1 für die Lärche. Die hohen oberen Grenzwerthe resultiren aus den Markstrahlen des ersten und zweiten Jahresringes. In diesen bewegt sich die Höhe der Leitzellen bei der Fichte von 20·2—29·5 μ, bei der Lärche von 21·7—27·1 μ. Bei der Fichte stellt sich beim vierten bis fünften, bei der Lärche schon beim dritten Jahresring jene Höhe ein, die mit geringen Schwankungen in allen folgenden Jahresringen zu finden ist und die für die Fichte 17—19 (mit Einschluss der Fichte X 17—20), für die Lärche 20—22 beträgt.

Man kann daher die Höhe der leitenden Markstrahlzellen mit gleichzeitiger Berücksichtigung anderer histologischer Eigenthümlichkeiten als diagnostisches Merkmal verwenden.

c) Zahl der Markstrahlzellen im Tangentialschnitte.

Die Zahl der (querdurchschnittenen) Markstrahlzellen auf einer bestimmten Fläche, z. B. einem Quadratmillimeter des tangentialen Längsschnittes hat zuerst Wiesner zur Unterscheidung von Fichten-

[1] Schneider hat hier offenbar nicht die Breite, sondern die Höhe gemeint.

und Lärchenholz benützt. Er fand auf einen Quadratmillimeter bei der Fichte 220, bei *Larix europaea* 270, bei *L. sibirica* 250—260 (einreihig geordnete) Markstrahlzellen.

Essner (l. c.) nahm bei zwei jungen Fichten und einer Lärche Zählungen vor. Er fand für die Fichte (1.—40. Jg.) 280—325 [Mittel 300], für die Lärche 250—380 [Mittel 350] Zellen. Die von Wiesner gefundenen Zahlen für Fichte und Lärche stehen in dem Verhältniss 1:1·23, jene von Essner fast in demselben Verhältniss, nämlich 1:1·16. Doch sind die absoluten Werthe bei Letzterem viel höher. Wenn ich aus sämmtlichen (am Ende jeder Versuchsreihe stehenden) Mittelwerthen meiner Tabelle den Durchschnitt nehme, so erhalte ich für die Fichte 263, für die Lärche 270 Zellen, was ein Verhältniss von 1:1·03 ergibt. Meine für die Fichte resultirende Zahl (263) ist fast genau das arithmetische Mittel aus dem Wiesner'schen und Essner'schen Werth; die für die Lärche sich ergebende Zahl 270 ist zufällig dieselbe, welche Wiesner angibt. Nun liegen aber die von mir beobachteten Minima und Maxima in ziemlich weiten und bei beiden Holzarten fast gleichen Grenzen. Sie betragen bezüglich der einzelnen Jahresringe bei der Fichte 200—345, bei der Lärche 200—350 Zellen, bezüglich der Mittel einer Holzprobe bei der Fichte 210—305, bei der Lärche 230—315 Zellen. Die häufigsten Werthe waren: Fichte 235—240 und 265—300, Lärche 240—290. Es hat deshalb diese einzige, aus vielen Einzelbeobachtungen berechnete Durchschnittszahl — z. B. 270 bei der Lärche — für specielle Fälle, namentlich bei paläontologischen Untersuchungen, keine grosse Bedeutung, weil man eben dieselbe Zahl 270 ebensogut bei einer Fichte wie bei einer Lärchenholzprobe finden kann. Vergleicht man in meinen Tabellen die für die einzelnen Holzscheiben berechneten Mittelwerthe, so findet man auch thatsächlich eine ganze Reihe von Zahlen, die einerseits bei der Fichte, andererseits bei der Lärche vorkommen. Z. B.

Fichte:	229	244	248	267	272	290	295	305
Lärche:	230	245	248	270	271	292	295	302

Da sich auch beim Ast- und Wurzelholz keine wesentlichen Unterschiede zwischen Fichte und Lärche ergeben haben und bei letzterem sogar das umgekehrte Verhältniss (1:0·96) erhalten wurde, so kann ich (in Übereinstimmung mit Essner) die Zahl der Markstrahlzellen auf einer bestimmten Flächeneinheit des tangentialen Längsschnittes nicht als ein diagnostisches Merkmal des Fichten- und Lärchenholzes ansehen.

d) Mittlere Markstrahlhöhe.

Ein vielleicht besseres Charakteristicon bildet die mittlere Markstrahlhöhe, d. h. die durchschnittliche Zellenzahl der (einreihigen) Markstrahlen in der Tangentialansicht. Ich habe dieselbe in folgender Weise ermittelt. Es wurde bei jedem untersuchten Jahresring, und zwar in der Frühjahrsholzzone die Zellenzahl von 70—80 im Gesichtsfelde des Mikroskopes vollständig sichtbaren (einreihigen) Markstrahlen bestimmt und hierauf durch Division der Summe aller Zellen durch die Summen der in Zählung genommenen Markstrahlen die mittlere Höhe bestimmt. Als Grenzwerthe ergeben sich für die Fichte einerseits 5, andererseits 12 Zellen und für die Lärche 5, respective 13; die häufigsten Werthe schwankten für die Fichte zwischen 8—10, bei der Lärche zwischen 10—13 Zellen. Im allgemeinen sind die Markstrahlen der Lärche aus einer grösseren Zahl von Zellen zusammengesetzt als bei der Fichte.

Gelegentlich der Bestimmung des Markstrahlcoëfficienten habe ich (am Radialschnitt) folgende Verhältnisse gefunden. Es entfielen von 880 Markstrahlen der Fichte und 750 der Lärche, bei denen die Zellenzahl genau ermittelt wurde, auf die

3— 4 zelligen[1]	Fichte	11·7	Proc.	Lärche	8·8 Proc.
5— 6 »		25·5	»		18·2 »
7— 8 »		24·4	»		19·6 »
9—10 »		16·6	»		16·4 »

[1] D. h. in dem tangential durchschnittenen einreihigen Markstrahl liegen 3, respective 4 Zellen übereinander.

11—12zelligen	Fichte 9·3 Proc.	Lärche 12·7 Proc.
13—15 »	8·4 »	13·4 »
höherzellige	4·1 »	10·9 »

Es machen also die Markstrahlen mit mehr als zehn über einander liegenden Zellenreihen bei der Fichte 21·8, bei der Lärche 37 Proc., die über fünfzehn Zellreihen hohen bei der Fichte 4·1 Proc., bei der Lärche nahezu 11 (10·9) Proc. der gesammten Markstrahlen aus. Aus den Coëfficiententabellen von Wille, welche die Resultate von Zählungen von 1350 Fichten- und 450 Lärchenmarkstrahlen (Quertracheiden und Leitzellen) enthalten, habe ich für die mehr als zehnzelligen Markstrahlen der Fichte 18·3 (und mit Ausschluss der Scheibe VI, an der nur wenige Zählungen gemacht wurden, 20·8 Proc.), für jene der Lärche 38·9 Proc. berechnet. Die von mir gefundenen Zahlen 21·8, resp. 37·0 nähern sich sehr jenen von Wille, nämlich 20·8 und 38·9.

Zur Ermittlung der mittleren Markstrahlhöhe habe ich, wie schon erwähnt, in der Frühjahrsholzzone eines jeden in den Tabellen verzeichneten Jahresringes die (tangentiale) Zellenzahl bei 70—80 Markstrahlen bestimmt. Wenn ich nun für Fichte III—X und für Lärche I—VII (für die eine grössere Zahl von Zählungen vorliegt) berechne, wie viele Markstrahlen mehr als 20 Zellen hoch sind, so ergibt sich, dass diese Markstrahlen bei Fichte III, V, VII, VIII je 1 Proc., bei Fichte IV, VI, X je 2 Proc., bei Fichte IX 4 Proc., bei Lärche IV 3 Proc., bei Lärche VII 4 Proc., bei Lärche I, II, III, V, VI je 5 Proc. betrugen.

Man kann somit als Regel aussprechen, dass die (im Tangentialschnitt gezahlten) mehr als zwanzigzelligen Markstrahlen bei der Fichte 1—2 Proc., bei der Lärche 4—5 Proc. aller Markstrahlen ausmachen, und hat hierin wohl ein diagnostisches Merkmal. Dass aber auch dieses mit Vorsicht und mit gleichzeitiger Berücksichtigung anderer histologischer Eigenthümlichkeiten anzuwenden ist, lehren die beiden Ausnahmen, nämlich Lärche IV und insbesondere Fichte IX, bei welcher ja auch die mittlere Markstrahlhöhe 10·4 Zellen betrug. Hätte man beispielsweise bei einer Holzprobe, welche im anatomischen Bau mit dem Holze des 100.—130. Jahresringes jener Fichte IX übereinstimmt, zu entscheiden, ob Fichte oder Lärche, so würden die grosse Zahl hoher Markstrahlen, ferner (im Zusammenhange damit) die mittlere Markstrahlhöhe, weiters (wie aus der Tabelle ersichtlich ist) das häufige Vorkommen von Zwillingstüpfeln, endlich der Durchmesser des äussen Tüpfelhofes viel mehr für eine Lärche als für eine Fichte sprechen. Andererseits müsste mit Rücksicht auf den Durchmesser der Früh- und Spättracheiden sowie auf die geringe Höhe der Markstrahlzellen und endlich wegen der Harzarmuth der Markstrahlen die Holzprobe für eine Fichte erklärt werden. Aus diesem Beispiele ist ersichtlich, dass bei der histologischen Ähnlichkeit des Fichten- und Lärchenholzes nicht immer schon auf Grund nur eines oder zweier anatomischer Merkmale eine sichere Entscheidung getroffen werden kann, sondern dass gleichzeitig eine möglichst grosse Zahl von Eigenthümlichkeiten gleichzeitig beachtet werden muss.

Fischer (l. c.) bestimmte gleichfalls die mittlere Markstrahlhöhe von 7 Holzproben, die vier Fichtenstammhölzern angehörten und fand dieselbe (auf eine Decimale gekürzt): Fichte I 2·7—7·5, II *a)* 4·0—10·5; *b)* 2·9—11·5; *c)* 3·6—8·6, III 4·2—6·0, IV *a)* 3·0—8·4; *b)* 2·3—7·4 Zellen. Auf welche Weise der Autor zu den von ihm angegebenen Minimalzahlen 2·3, 2·7 etc. kam, kann ich mir selbst nicht leicht erklären.

Schneider gibt Folgendes an: »Die Markstrahlen der Lärche sind im Vergleich zu denen der Fichte viel umfangreicher, und namentlich schwanken die einreihigen bei *Larix* zwischen 2—24 Zellenreihen (im Tangentialschnitt gesehen), während bei der Fichte nie die Zahl von 16 überschritten wird. Obwohl Schneider nur ein kleines Untersuchungsmaterial benützte, so sind dessen Angaben trotzdem nicht recht begreiflich, denn man braucht gerade von keinem besonderen Glücke begünstigt zu sein, um bei der Lärche höhere als 24zellige und bei der Fichte höhere als 16zellige Markstrahlen zu finden.

Die von verschiedenen Autoren beobachtete maximale Höhe der Markstrahlen zeigt überhaupt sehr ungleiche Werthe. Es wird nämlich folgende Zellenzahl angegeben:

Schröder	Fichte	30	Lärche	40
Fischer	»	24	»	—
Kleeberg	»	24	»	24
Schneider	»	16	»	24
Essner	»	28	»	40
Wille	»	34	»	32

Ich habe beim Stammholz der Fichte als Maximum 43, bei der Lärche 56 Zellen gezählt. Werthe zwischen 30—40 Zellen habe ich unter den mehr als 12.000 Stammholz-Markstrahlen, deren Höhe ich notirte, zwar sehr selten, gleichwohl einigemal sowohl bei der Fichte als bei der Lärche gesehen.

Andere Eigenthümlichkeiten der Markstrahlen.

Ausser den gewöhnlichen Markstrahlen, welche nur aus einer Reihe übereinander liegender Zellen bestehen, gibt es im Fichten- und Lärchenholz auch solche, bei denen zwei (oder selbst drei) nebeneinander liegende Zellenreihen (ohne einen Harzgang zu umschliessen) vorkommen, die natürlich nur am tangentialen Längsschnitt sichtbar sind. Möller gibt zwar in seiner analytischen Bestimmungstabelle der Coniferen an (p. 13), dass die Markstrahlen bei *Pinus Picea* »immer nur eine Zelle breit« sind, während bei *Pinus Larix* auch mehrreihige Markstrahlen vorkommen; jedoch ist, wie ich gleich bemerke, die Angabe betreffs der Fichte unrichtig. Richtig ist die Angabe von Fischer, dass im Fichtenholze (Lärche hat er nicht untersucht) zwei- und dreireihige Strahlen ohne Harzgänge auftreten.

Ich habe gefunden, dass zweireihige, namentlich partiell zweireihige Markstrahlen, wie ich sie nenne, nämlich solche, bei denen zwischen den übereinander liegenden Einzelzellen eine oder mehrere Reihen von Doppelzellen sich ausbilden, im Stammholze und noch häufiger im Wurzelholze sowohl der Fichte wie der Lärche zur Entwicklung kommen. Wenn auch diese Erscheinung bei der Lärche im allgemeinen häufiger auftritt als bei der Fichte, so sind mir doch Lärchenholzstücke vorgekommen, bei denen zweireihige Markstrahlen sehr selten waren, seltener als bei manchen Fichten. Ich füge noch die Thatsache bei, dass in den peripheren Jahresringen der Fichtenwurzel XXIX zwei- und dreireihige Markstrahlen (ohne Harzgang) in so grosser Menge vorkamen, wie ich dies bei keinem Lärchenholze angetroffen habe. Es bildet demnach die Zweischichtigkeit der Markstrahlen kein absolutes diagnostisches Merkmal des Fichten- und Lärchenholzes.

Kleeberg hat in seiner Abhandlung (l. c.) sowohl im allgemeinen als im besonderen (analytischen) Theile angeblich charakteristische Merkmale der Markstrahlen des Fichten- und Lärchenholzes verzeichnet. Ich habe seine Angaben excerpirt und gebe sie in der nachstehenden Zusammenstellung ziemlich wortgetreu wieder (links Fichte, rechts Lärche).

a) Quertracheiden sehr zahlreich vertreten.	Quertracheiden zahlreich vertreten.
b) Quertracheiden treten im zweiten Jahresring auf.	Quertracheiden treten bereits im ersten Jahresring auf.
c) Quertracheiden im Herbstholz mit deutlicher schraubenliniger Verdickung.	Quertracheiden ohne schraubenlinige Verdickung im Herbstholz.
d) Die Tangentialwände der Quertracheiden verlaufen meist senkrecht zur Markstrahlrichtung	Die Tangentialwände der Quertracheiden verlaufen meist schräg zur Markstrahlrichtung.
e) Schichthöhe bis 24 Zellen.	Schichthöhe bis 24 Zellen.

Dazu ist Folgendes zu bemerken: ad *a)*. Ob die Quertracheiden »zahlreich« oder »sehr zahlreich« vorhanden sind, dürfte in concreten Fällen wohl schwer zu entscheiden sein. ad *b)*. Von Kleeberg wird angegeben, dass Quertracheiden bei der Lärche schon im ersten, bei der Fichte erst im zweiten Jahresring auftreten. Abgesehen davon, dass von dieser Eigenthümlichkeit nur dann Gebrauch gemacht werden könnte, wenn der erste Jahresring zur Untersuchung vorliegen würde, was bei archäologischen

Untersuchungen oder solchen von fossilen oder technisch verarbeiteten Hölzern selten der Fall sein dürfte, muss ich bemerken, dass ich Quertracheiden auch bei der Fichte schon im ersten Jahresring gefunden habe. Ad *c)*. Betreffs der schraubenlinigen Verdickung der Quertracheiden im Herbstholz muss ich leider sagen, dass ich diese Eigenschaft weder bei der Fichte noch bei der Lärche jemals deutlich gesehen habe. Ad *d)*. Kleeberg führt an, dass die tangentialen Wände der Quertracheiden bei der Fichte »meist« senkrecht, bei der Lärche meist schräg zur Markstrahlrichtung verlaufen. Nach meinen Wahrnehmungen verlaufen die Tangentialwände bei beiden Holzarten bald senkrecht, bald schief und im letzteren Falle unter verschiedenen Neigungswinkeln. Auch kann ich nicht behaupten, dass z. B. die senkrechte Richtung bei der Fichte Regel, bei der Lärche Ausnahme wäre. Ad *e)*. Dass im Fichten- und Lärchenholz Markstrahlen vorkommen, deren Schichthöhe über 24 Zellen hinausgeht, ist eine lange bekannte Thatsache, welche Kleeberg offenbar nicht kannte.

Es scheint mir auch wahrscheinlich, dass nicht nur die tangentiale Höhe, sondern auch die tangentiale Breite der Markstrahlleitzellen im Stammholz der Fichte im Allgemeinen kleiner ist als bei der Lärche. Vergleichende Messungen der tangentialen Breite sind indess bis jetzt weder von mir, noch von Anderen gemacht worden.

Ein gutes diagnostisches Merkmal von Fichten- und Lärchenholz (welches jedoch nur verwendbar ist in solchen Fällen, in denen keine substanzielle Veränderung der Holzzellwände eingetreten ist) ist die Verharzung der Markstrahlen der Lärche. Übereinstimmend mit Wiesner habe ich gefunden, dass diese Erscheinung im Lärchenholze als Regel, im Fichtenholze als Ausnahme auftritt. Unverharzte oder sehr wenig verharzte Markstrahlen treten bei der Lärche im Splintholz älterer Stämme auf.

Der Markstrahlcoëfficient.

In dem Verhältnisse der Zahl der Leitzellen und Quertracheiden will Schroeder (l. c.) ein diagnostisches Merkmal des Fichten- und Lärchenholzes gefunden haben. Er nennt dieses Verhältniss den Markstrahlcoëfficienten. Hätte man bei einer grösseren Anzahl von Markstrahlen, deren jeder aus fünf übereinanderstehenden Zellenreihen besteht, die Zahl der Leitzellen und Quertracheiden bestimmt und dividirt das Mittel aus der Summe der ersteren J durch das Mittel aus der Summe der letzteren, A, so gibt der Quotient C den Markstrahlcoëfficienten für den betreffenden Markstrahl von der Höhe S. Also $C = J:A$ und $S = J+A$. Schroeder berechnete den Markstrahlcoëfficienten unter anderen auch für 3—30zellreihige Markstrahlen der Fichte und 3—40reihige der Lärche[1]. Auf Grund der erhaltenen Zahlen (die ich weiter unten reproducire) glaubt er einen »durchgreifenden Unterschied zwischen Fichtenholz und Lärchenholz« gefunden zu haben. »Das System der äusseren Markstrahlen ist bei der Fichte stärker entwickelt als bei der Lärche.«

Später hat Wille (l. c.) sich mit dem Gegenstande beschäftigt; er suchte Markstrahlcoëfficienten für *Pinus silvestris, Picea excelsa* und *Larix europaea*. Von Fichte wurden sechs Scheiben eines Stammes, die in Entfernungen von je zwei Meter der Baumhöhe herausgeschnitten waren, untersucht. Von der Lärche stand ein Stammstück von 61 Jahrgängen zur Verfügung. Die Zählungen wurden im II., III., V., ferner in jedem folgenden fünften Jahresring vorgenommen. Wille kommt zu folgendem Resultate: »Der Markstrahlcoëfficient ist innerhalb einer Pflanze keine constante Grösse. Beim Gange in einer Stammscheibe von innen nach aussen sieht man zunächst eine Abnahme bis etwa zum zehnten Jahre, dann ein gleichbleibendes Auf- und Abschwanken der Grösse«. — »Bei den drei untersuchten Holzarten ist in der Grösse des Coëfficienten — eine Constanz angenommen — ein charakteristischer Unterschied. Er ist bei der Kiefer 1, schwankt bei der Fichte zwischen 2 und 3, bei der Lärche zwischen 3 und 4.«

---

[1] Selbstverständlich sind hier und im Folgenden nicht die (radial) neben einander, sondern die übereinander liegenden Zellenreihen gemeint.

Würde man z. B. in einem Referate nur den letzten Passus (als Endergebniss der Untersuchungen) lesen, ohne gleichzeitig einen Einblick in die von Wille mitgetheilten Zahlentabellen zu haben, so könnte man zu der Meinung kommen, dass der Markstrahlcoëfficient bei der Fichte nicht unter 2 sinkt und nicht über 3 steigt, bei der Lärche hingegen nicht unter 3 sinkt und nicht über 4 steigt, dass somit der Coëfficient in der That einen charakteristischen Unterschied zwischen Fichten- und Lärchenholz bildet. Vergleicht man aber die von Wille ermittelten Werthe, so findet man, dass der Coëfficient bei der Fichte zwischen 0·5—7·5, bei der Lärche zwischen 0·5—10·98 schwankt. Zieht man nur die häufigsten Markstrahlen, nämlich die 5—10zelligen in Betracht, so ergibt sich für die Fichte der Werth 1·18—4·0, für die Lärche 1·42—3·55.

Ich habe nach Schroeder's Methode den Markstrahlcoëfficienten für die 3—15reihigen Markstrahlen bei sieben Fichten- und acht Lärchenstammhölzern berechnet. Da nach meinen Zählungen die 3—15reihigen Markstrahlen im Stammholz der Fichte etwa 96 Procent sämmtlicher Markstrahlen ausmachen (nach der Angabe Schroeder's entfallen auf die 4—13reihigen etwa 80 Procent), so hat die Bestimmung des Coëfficienten für höhere als 15zellige Markstrahlen nur einen geringen praktischen Werth. Ich habe blos solche Markstrahlen in Betracht gezogen, bei denen Quertracheiden ausschliesslich die äusseren, Leitzellen die inneren Zellenreihen bildeten. Nicht berücksichtigt wurden demnach jene Markstrahlen, bei denen Quertracheiden mit Leitzellen abwechseln (einige interessante Fälle habe ich schon angeführt), oder bei denen Quertracheiden, sei es wegen Nichtentwicklung derselben oder in Folge eines schlechten Schnittes nur einseitig sichtbar waren. Die erhaltenen Resultate, welche an 880 Fichten- und 750 Lärchenmarkstrahlen gewonnen wurden, sind in den nachstehenden Tabellen verzeichnet.

Fichte.

Markstrahlhöhe	II	III *a)* [1]	III *b)* [2]	X *a)* [3]	X *b)* [4]	X *c)* [5]	XII	XIII	XIV	XIX
3	0·5	0·5	0·5	0·5	0·5	0·5	0·5	0·5	0·5	0·5
4	1·1	0·72	0·82	0·91	0·67	0·78	0·72	0·74	1·00	1·00
5	1·22	1·30	1·50	1·40	0·85	1·16	1·06	1·31	1·50	1·25
6	1·67	1·20	1·67	1·73	1·61	1·31	1·08	1·40	1·83	1·09
7	2·00	1·33	2·06	1·31	1·69	1·69	1·48	1·69	1·94	1·85
8	2·14	1·98	2·52	2·04	1·60	1·67	1·86	2·55	—	2·29
9	2·60	2·00	2·52	3·09	2·60	2·50	2·24	3·00	2·33	3·00
10	3·29	2·75	2·50	2·75	3·37	2·89	2·11	3·00	2·12	3·16
11	3·90	2·30	2·93	2·75	3·00	2·67	2·44	3·78	2·67	3·58
12	3·50	2·33	2·43	3·60	3·70	2·86	3·80	3·36	2·69	3·50
13	5·00	3·33	3·87	—	3·33	3·78	2·78	3·83	4·20	3·33
14	6·00	2·86	3·70	—	4·24	3·38	3·12	3·67	4·60	4·60
15	5·00	4·00	4·00	—	4·00	5·25	5·00	4·00	3·09	—

Lärche.

Markstrahlhöhe	II	II *a)* [6]	II *b)* [7]	V	VII	XI	XII	XIII	XIV
3	0·5	0·5	0·5	0·5	0·5	0·5	0·5	0·5	0·5
4	1·00	0·9	0·71	1·00	1·00	0·71	1·00	1·00	0·80

[1] 20—30 Jg.
[2] 70—80 Jg.
[3] 30—40. Jg.
[4] 100—110. Jg.
[5] 150—160. Jg.
[6] Kern.
[7] Splint.

Markstrahlhöhe	II	II *a)*	II *b)*	V	VII	XI	XII	XIII	XIV
5	1·50	1·35	0·87	1·50	1·50	1·18	1·32	1·50	1·14
6	1·40	1·34	1·54	1·40	1·82	1·46	1·86	1·50	2·00
7	2·00	1·89	1·88	1·94	2·33	1·88	2·22	2·27	2·23
8	2·20	2·36	2·11	2·43	2·37	2·12	2·55	2·33	2·44
9	2·42	2·42	2·42	2·37	3·15	2·46	2·75	2·86	3·00
10	3·00	2·70	3·00	3·00	3·20	3·00	3·61	2·63	3·00
11	3·45	3·12	3·06	3·00	3·60	2·84	2·72	3·70	3·00
12	4·15	3·23	3·90	4·52	4·53	3·00	3·23	4·45	3·42
13	4·78	4·20	4·20	4·78	4·00	4·00	3·33	3·72	4·20
14	4·24	5·01	5·93	4·40	4·39	5·22	5·25	4·24	3·67
15	5·00	5·44	5·00	5·44	5·00	4·00	4·00	4·00	4·80

Wie man sieht, lässt sich ein wesentlicher Unterschied im Coëfficienten zwischen der Fichte und Lärche nicht constatiren. In den folgenden Tabellen sind *a)* die Coëfficienten von Schroeder — auf eine Decimale gekürzt —, *b)* die Grenzwerthe, welche Wille und *c)* die Grenzwerthe, welche ich erhielt, zusammengestellt.

Fichte.

Markstrahlhöhe	Schroeder	Wille	Burgerstein
3	0·5	0·5—0·5	0·5—0·5
4	0·7	0·8—1·0	0·7—1·0
5	1·0	1·2—1·5	0·9—1·5
6	1·1	1·5—2·0	1·1—1·8
7	1·4	1·9—2·3	1·3—2·1
8	1·8	2·2—2·5	1·6—2·6
9	2·1	2·7—3·7	2·0—3·3
10	2·1	2·8—4·0	2·1—3·4
11	2·3	3·2—4·4	2·3—3·9
12	2·4	3·2—4·3	2·3—3·8
13	2·2	3·1—4·3	2·8—5·0
14	2·9	3·7—6·0	2·9—6·0
15	2·9	4·0—6·5	3·1—5·3

Lärche.

Markstrahlhöhe	Schroeder	Wille	Burgerstein
3	0·5	0·5	0·5—0·5
4	0·8	1·0	0·7—1·0
5	1·4	1·4	0·9—1·5
6	1·8	1·7	1·3—2·0
7	2·2	2·3	1·9—2·3
8	2·4	2·7	2·1—2·6
9	2·9	3·1	2·4—3·2
10	3·5	3·6	2·6—3·6
11	3·4	3·9	2·9—3·7
12	3·4	4·0	3·0—4·5
13	5·0	4·3	3·3—4·8
14	4·4	4·7	3·7—5·2
15	5·1	5·4	4·0—5·4

Bezüglich der Fichte stimmen die von Schroeder berechneten Coëfficienten recht gut mit meinen unteren Grenzwerthen überein. Die Wille'schen Minima sind sämmtlich höher als bei mir, während seine oberen Grenzwerthe meist nicht wesentlich von den meinigen differiren. Bezüglich der Lärche sind die Schroeder'schen Zahlen durchwegs grösser als meine Minima und kleiner als meine Maxima, so dass sich seine Coëfficienten mit den aus meinen Grenzwerthen sich ergebenden Mittelzahlen so ziemlich decken, mit Ausnahme des dreizehnzelligen Markstrahles, für den der Schroeder'sche Coëfficient offenbar zu gross ist. Die Angaben von Wille stehen sehr nahe den oberen Grenzwerthen der von mir berechneten Coëfficienten.

Selbstverständlich wird man den Coëfficienten für jeden einzelnen Markstrahl um so genauer erhalten, eine je grössere Anzahl des betreffenden Markstrahles für die Rechnung vorliegt. Nach den Erfahrungen von Wille sollen je 60 Einzelzählungen für jeden Markstrahl derselben Höhe hinreichen, um den richtigen (constanten) Werth für den Coëfficienten zu erhalten.

Ich habe nun aus sämmtlichen von Schroeder, Wille und mir für die 3—15zellreihigen Markstrahlen gefundenen Coëfficienten das Mittel berechnet. Da hiebei die Summe der in Rechnung genommenen Markstrahlen für die Fichte 2700, für die Lärche 1600 beträgt, so dürften die Zahlen der folgenden Tabelle dem wahren Coëfficientenwerthe sehr nahe kommen.

Markstrahlhöhe	*C* Fichte	*C* Lärche	Markstrahlhöhe	*C* Fichte	*C* Lärche
3	0·50	0·50	10	2·88	3·11
4	0·86	0·90	11	3·18	3·34
5	1·26	1·33	12	3·36	3·80
6	1·53	1·62	13	3·64	4·22
7	1·83	2·10	14	4·10	4·41
8	2·16	2·37	15	4·32	4·83
9	2·69	2·71			

Man sieht sofort, dass (abgesehen von dem überhaupt nicht in Betracht kommenden dreizelligen Markstrahl) der Coëfficient sämmtlicher Markstrahlen bei der Lärche grösser ist als bei der Fichte. Grössere Differenzen zeigen sich insbesondere vom zwölfreihigen Markstrahl aufwärts. Beim neunzelligen ist der Unterschied ein sehr geringer. Daraus ergibt sich, dass der Markstrahlcoëfficient für den Fall als viele Bestimmungen — ich glaube mindestes 100 für je einen Markstrahl derselben Höhe — vorgenommen werden, immerhin als ein diagnostisches Merkmal des Fichten- und Lärchenstammholzes verwendet werden kann.

B. Astholz.

Was ich in der Literatur über die Anatomie des Astholzes der Coniferen überhaupt und speciell über die des Fichten- und Lärchenholzes gefunden habe, lässt sich in wenige Sätze zusammenfassen.

Schacht (l. c.) bestimmte bei einem 22jährigen Lärchenast den radialen Durchmesser der Frühtracheiden. Derselbe schwankte in sechs aufeinander folgenden Jahresringen zwischen 0·028—0·036 *mm*, und betrug im Mittel 0·032 *mm*.

Mohl (l. c.) berechnete den mittleren radialen Durchmesser der Frühjahrsholzzellen (Wand und Lumen) in einem 45jährigen Lärchenast mit 0·040 *mm*.

[1] Wie gross der Fehler bei einer geringen Zahl von Beobachtungen sein kann, will ich an einem Beispiele zeigen. Bei der Fichte XII ergab der dreizehnzellige Markstrahl den Coëfficienten $C = 2{\cdot}78$. Diese Zahl wurde gewonnen aus den Markstrahlen: 9 (Leitzellen) + 4 (Quertracheiden), 11 + 2, 10 + 3, 9 + 4, 11 + 2, 10 + 3, 10 + 3, 9 + 4, 7 + 6 = 9·56 *(J)*: 3·44 *(A)* = 2·78 *(C)*. Hätte ich statt des ungewöhnlichen Markstrahles 7 + 6 zufällig einen Markstrahl von der Zusammensetzung 11 + 2 beobachtet, so wäre der Coëfficient 10 : 3 = 3·33. Der Unterschied wäre 3·33 − 2·78 = 0·55. Bei einer doppelt so grossen Anzahl von Markstrahlen von der Formel: 9 + 4, 10 + 3, 11 + 2 etc. würde sich aber je nach Zutritt des Markstrahles 7 + 6, respective 11 + 2 der Coëfficient gleich 2·97, respective 3·25 berechnen. Die Differenz wäre bloss 0·28.

Schroeder gibt an, dass im Herbstholz der Fichte und namentlich im Astholz »zuweilen« sehr deutliche spiralige Verdickungsschichten auftreten und dass diese Erscheinung nicht constant ist.

Fischer fand bei drei verschiedenen Fichtenästen 15—43 Markstrahlen (pro mm^2?), die mittlere Markstrahlhöhe 2·24—7·2, die maximale 20 Zellen.

Ich habe Astholz von je sechs verschiedenen Fichten und Lärchen mikroskopisch untersucht. Die Resultate sind in den nachstehenden Tabellen verzeichnet. Es muss nur bemerkt werden, dass in Folge der meist sehr geringen Breite der Jahresringe, die in den Tabellen bei den einzelnen Jahresringen stehenden Zahlen mehrfach auch die in den beiden Nachbarringen gefundenen Werthe einschliessen; (namentlich gilt dies für den Radialschnitt). Es sind also z. B. die Zahlen beim 20. Jahrring der Fichte XX die Mittel aus dem 19+20+21. Ring.

Astholz, Fichte.

Fichte XIX. Mitterdorf, Steiermark; m. R = 26 *mm*; 36 Jg.

a	*b*	*c*	*d*	*e*	*f*	*g*	*h*	*i*	
1	0·5	15·9	20	15·9	14·1	24·4	210	3·5	Zwillingstüpfel nirgends vorhanden.
5	0·5	18·5	24	14·6	15·5	19·8	205	4·0	
10	0·3	17·7	20	14·6	14·8	19·8	190	4·0	
20	1·0	18·5	27	15·7	15·1	17·2	275	4·5	
30	1·0	20·0	29	17·1	16·1	16·9	295	7·0	
Mittel .		18·1	24	15·6	15·1	19·6	235	4·6	

Fichte XX. Mitterdorf; m. R. = 19 *mm*; 33 Jg.

a	*b*	*c*	*d*	*e*	*f*	*g*	*h*	*i*	
5	0·7	18·8	24	15·0	14·8	19·6	240	5·0	Zwillingstüpfel nirgends vorhanden.
10	0·6	18·3	24	16·2	14·1	18·0	260	5·0	
20	0·3	17·1	20	14·7	14·6	19·6	265	5·5	
30	1·0	18·5	24	16·4	16·1	18·0	355	8·0	
Mittel .		18·2	23	15·6	14·9	18·8	280	5·5	

Fichte XXI.[1] Mitterdorf; m. R. = 23 *mm*; 42 Jg.

a	*b*	*c*	*d*	*e*	*f*	*g*	*h*	*i*	
4	0·4	15·2	20	14·4	12·2	19·0	195	4·5	Zwillingstüpfel nirgends vorhanden.
10	0·5	17·3	24	15·3	13·4	17·6	215	6·5	
20	0·2	18·5	27	16·5	14·6	18·3	230	6·5	
40	0·9	19·9	29	17·8	15·9	17·6	255	6·5	
40	0·2	19·1	29	17·3	16·3	18·6	290	7·5	
Mittel .		18·0	26	16·3	14·5	18·2	237	6·3	

Fichte XXII. Mitterdorf; m. R. = 17 *mm*; 26 Jg.

a	*b*	*c*	*d*	*e*	*f*	*g*	*h*	*i*	
1	1·5	18·2	24	16·7	15·6	24·1	300	5·5	Zwillingstüpfel nirgends vorhanden.
5	2·0	18·2	24	17·2	15·6	17·3	230	4·5	
10	0·4	19·5	24	15·8	17·5	19·8	210	6·0	
25	0·4	19·8	24	16·6	17·8	19·8	225	5·0	
Mittel .		18·9	24	16·6	16·6	20·2	241	5·2	

[1] Das Mark der Fichte XXI hatte eine excentrische Lage; die vorletzte, beziehungsweise letzte Horizontalreihe bezieht sich auf jene Partie des 40. Jahresringes, deren Markabstand 29 *mm*, beziehungsweise 17 *mm* betrug.

Fichte XXIII. Vinica, Kroatien; m. R. = 5·5 *mm*; 9 Jg. (ein oberer Ast; 5—6 Jg.).

Fichte XXIV. Vinica, Kroatien; m. R. = 5·5 *mm*; 12 Jg. (ein unterer Ast; 10 Jg.).

a	*b*	*c*	*d*	*e*	*f*	*g*	*h*	*i*	
XXIII	0·5	17·4	24	16·1	14·6	18·8	280	5·3	Zwillingstüpfel nirgends vorhanden.
XXIV	0·3	16·9	24	16·1	15·0	17·5	260	4·7	
Mittel .		17·2	24	16·1	14·8	18·2	270	5·0	

Astholz, Lärche.

Lärche XIX. Mitterdorf; m. R. = 24 *mm*; 94 Jg. (60 Kern + 34 Splint).

a	*b*	*c*	*d*	*e*	*f*	*g*	*h*	*i*	
5	0·5	18·4	24	17·1	15·6	19·3	275	7·5	Zwillingstüpfel nirgends vorhanden.
10	0·4	24·9	32	17·1	20·4	19·7	290	8	
20	0·4	28·3	34	18·0	20·9	20·1	270	8	
40	0·3	30·0	36	19·5	21·5	20·2	225	7	
60	0·15	30·7	36	20·0	23·2	20·8	230	7	
80	0·2	32·2	39	16·3	23·0	22·0	265	7	
90	0·15	28·9	34	16·1	23·5	22·8	270	7	
Mittel .		27·6	33	17·7	21·2	20·7	261	7·4	

Lärche XX. Mitterdorf; m. R. = 28 *mm*; 90 Jg. (60 Kern + 30 Splint).

a	*b*	*c*	*d*	*e*	*f*	*g*	*h*	*i*	
2	0·2	14·2	20	13·9	*	21·0	225	5·5	Zwillingstüpfel nirgends vorhanden.
5	0·4	19·5	24	16·2	*	19·9	240	6·5	
10	0·3	22·7	29	18·8	18·0	19·7	205	5·5	
20	0·5	25·6	32	16·7	19·5	19·5	235	7	
60	0·4	33·6	41	17·8	23·5	21·1	250	7	
80	0·2	34·2	41	19·0	24·3	22·4	270	8	
Mittel ·		25·0	31	17·1	21·3	20·6	238	6·6	

Lärche XXI. Mitterdorf; m. R. = 24 *mm*; 45 Jg. (33 Kern + 12 Splint).

a	*b*	*c*	*d*	*e*	*f*	*g*	*h*	*i*	
5	0·5	21·1	27	13·0	18·5	21·7	285	5	Zwillingstüpfel nirgends vorhanden.
10	0·5	24·4	29	17·5	20·5	20·3	305	6	
20	0·7	24·8	29	16·1	19·5	19·4	305	6·5	
30	0·5	24·9	32	17·6	20·9	19·5	330	6·5	
40	0·6	25·3	29	18·2	21·4	20·0	370	7	
Mittel .		24·1	29	16·5	20·2	20·2	319	6·2	

Lärche XXII. Forstbotanisches Institut München; m. R. = 10 *mm*; 17 Jg. (10 Kern + 7 Splint).

a	*b*	*c*	*d*	*e*	*f*	*g*	*h*	*i*	
2	0·4	15·6	24	15·2	14·7	20·6	225	4·5	Zwillingstüpfel nirgends vorhanden.
8	0·5	18·8	24	16·7	16·0	21·8	225	5·0	
16	0·4	23·2	34	16·9	19·9	21·7	320	7	
Mittel .		19·2	27	16·3	16·9	21·4	257	5·5	

* Nicht messbar.

Lärche XXIII. Forstbotanisches Institut München; m. R. = 4·5 *mm*; 14 Jg.

a	*b*	*c*	*d*	*e*	*f*	*g*	*h*	*i*	
5	0·3	18·1	24	16·0	16·6	20·9	230	5	Zwillingstüpfel nirgends vorhanden.
10	0·4	19·5	29	16·0	17·2	23·4	230	5·5	
Mittel .		18·8	27	16·0	16·9	22·2	230	5·3	

Lärche XXIV. Pflanzenphysiologisches Institut Wien; m. R. = 6 *mm*; 10 Jg.

a	*b*	*c*	*d*	*e*	*f*	*g*	*h*	*i*	
10	0·6	23·0	34	19·1	18·6	21·1	300	7	Zwillingstüpfel nirgends vorhanden.

Grenzwerthe.

	Fichte	Lärche
Radiales Lumen der Frühtracheiden . . .	15·2—20·0	14·2—34·2
Beobachtetes Maximallumen	20—29	20—41
Radiale Breite der Spättracheiden . . .	14·4—17·8	13·0—20·0
Radialer Durchmesser der Tüpfel	12·2—17·8	14·7—24·4
Höhe der Markstrahlzellen	16·9—24·4	19·3—23·4
Markstrahlzellen per mm^2	190—355	205—370
Mittlere Markstrahlhöhe	3·5—7·5	4·5—8·0

Häufigste Werthe.

	Fichte	Lärche
Radiales Lumen der Frühtracheiden . . .	17—19	23—25
Beobachtetes Maximallumen	24	24—34
Radiale Breite der Spättracheiden	16—17	16—18
Radialer Durchmesser der Tüpfel	15—16	20—21
Höhe der Markstrahlzellen	18—20	20—21
Markstrahlzellen per mm^2	210—260	225—270
Mittlere Markstrahlhöhe	4·5—6·5	5·5—7

a) Tracheiden.

Die radiale Weite der Tracheiden bewegt sich im Astholz in engeren Grenzen als im Stammholz und ist in ersterem bei beiden Coniferen kleiner als in letzterem. Den häufigsten Werth des Lumens der Frühtracheiden fand ich bei der Fichte 17—19 μ, bei der Lärche 23—25 μ. Das Maximum geht bei der Fichte nicht über 30 μ, bei der Lärche kaum über 40 μ hinaus. Auch die Spättracheiden haben geringe Breite. Werthe von mehr als 0·02 *mm*, die im Stammholz häufig vorkommen, habe ich im Astholz nicht gefunden. Tracheiden, die das Aussehen von Herbstholzzellen haben, kommen in den Jahreszuwächsen der Äste verhältnissmässig in grosser Menge vor, und der Übergang von den Früh- zu den Spättracheiden ist meist ein ganz allmäliger.

Bezüglich der Streifung der Herbstholzzellen kann ich auf Grund meiner Beobachtungen Folgendes aussagen: Bei der Fichte war die Streifung in allen untersuchten Jahresringen deutlich entwickelt, in manchen Fällen war dieselbe noch in den Frühlingsholzzellen zu beobachten. Bei der Lärche notirte ich: XIX. bis 60. Jg. Streifung, im 80. und 90. Jg. nicht. — XX. bis 20. Jg. Streifung, vom 30.—80. nicht. — XXI. Streifung nicht oder nur andeutungsweise vorhanden. XXII, XXIII, XXIV. Streifung vorhanden. Bei den drei letzten Lärchenästen erstreckte sich die Beobachtung nur bis zum 10.—16. Jg. Man kann also sagen, dass die ersten 20 Jahresringe in der Regel Streifung der Herbstholzzellen zeigen, während die Erscheinung bei den später gebildeten Jahresringen selten vorkommen dürfte.

b) **Tüpfel.**

Der Querdurchmesser des äusseren Tüpfelhofes der an den Radialwänden der Frühtracheiden ausgebildeten Tüpfel ist im Astholz kleiner als im Stammholz. Die häufigsten Werthe waren:

Fichte: Stamm 18—23 μ, Ast 15—16 μ,
Lärche: » 21—27 » » 20—21 »

Zwillingstüpfel habe ich weder bei der Fichte, noch bei der Lärche im Astholze gesehen.

c) **Markstrahlen.**

Was die Höhe der Markstrahlzellen betrifft, so sind bei Fichte und Lärche die unteren Grenzwerthe im Astholze fast dieselben wie im Stammholz. Dasselbe gilt für die »häufigsten Werthe«; dagegen bleibt die obere Grenze im Astholz unter der des Stammholzes. Abstrahirt man vom ersten Jahresringe, so kommen über 20 μ hohe Markstrahlzellen beim Fichtenastholz überhaupt nicht, beim Lärchenastholz dagegen häufig vor.

Die mittlere Markstrahlhöhe im Astholz ist eine geringere als im Stamme. Sie schwankt bei der Fichte zwischen 3·5—7·5, bei der Lärche zwischen 4·5—8 Zellen; als häufigsten Werth fand ich 4·5—6·5, respective 5·5—7 Zellen. Die Zahl der über 15 Zellen hohen Markstrahlen betrug bei der Fichte 0·0 Procent (XIX, XXII, XXIII, XXIV), 0·8 Proc. (XXI) und 1·0 Proc. (XX) aller Markstrahlen; bei der Lärche zählte ich 0·0 Proc. (XXI, XXIII), 1·0 Proc. (XX, XXII), 2·3 Proc. (XIX) und 4·0 Proc. (XXIV). Die maximale Höhe betrug bei beiden Coniferen 20 Zellen.

Die Zahl der Markstrahlen per mm^2 der Tangentialfläche schwankte im Astholz zwischen noch weiteren Grenzen als im Stammholz; auch ergab sich kein wesentlicher Unterschied zwischen Fichte und Lärche. Partiell zweireihige Markstrahlen habe ich im Astholz beider Coniferen angetroffen.

Es liegen also im Astholz die radiale Weite der Längstracheiden, der Durchmesser des äusseren Tüpfelhofes, die Höhe der Markstrahlleitzellen und die tangentiale Höhe (Zellenzahl) der Markstrahlen innerhalb engeren Grenzen, die Zahl der Markstrahlzellen für eine bestimmte Grösse der Tangentialfläche in weiteren Grenzen als im Stammholze. Als diagnostisch verwendbares Merkmal zwischen Fichtenast- und Lärchenastholz erweist sich das radiale Lumen der Frühtracheiden, der Querdurchmesser des äusseren Tüpfelhofes und die Höhe der Markstrahlleitzellen.

Allerdings muss bemerkt werden, dass ich viel weniger Asthölzer als Stammhölzer untersucht habe und dass bei einem grösseren Untersuchungsmaterial die Grenzwerthe andere wären, als jene sind, die ich in meinen Tabellen verzeichnet habe. Doch glaube ich sagen zu können, dass durch erweiterte Beobachtungen meine Angaben der »häufigsten Werthe« keine wesentliche Änderung erfahren würden.

Über die Coëfficienten der Ast-Markstrahlen kann ich nichts aussagen.

C. Wurzelholz.

Über die Grössenverhältnisse der histologischen Elemente des Wurzelholzes liegen nur wenige Beobachtungen vor.

Schacht untersuchte bei einem 28jährigen Wurzelstück der Lärche den radialen Durchmesser der Frühtracheiden. Er schwankte innerhalb acht verschiedener Jahresringe zwischen 0·050 und 0·078 *mm* (Mittel gleich 0·064 *mm*.)

Mohl hatte folgende Werthe bei je einer Lärchen- und Fichtenwurzel gefunden:

Radialer Durchmesser der Frühlingsholzzellen . . .	Fichte	40·7 μ,	Lärche	76·7 μ.
Radialer Durchmesser des Lumens	»	—	»	70·7 »
Tangentialer Durchmesser der Zellen	»	32·4 »	»	41·1 »
Radialer Durchmesser der Herbstholzzellen	»	17·3 »	»	31·5 »
Radialer Durchmesser des Lumens	»	—	»	11·6 »

Nach Angaben von Fischer betrug bei drei Fichtenhauptwurzeln die mittere Zahl der Markstrahlen 10—29; die mittlere Markstrahlhöhe 2·27—12·22, die maximale 27 Zellen. Bei vier Fichtenwurzelästen war die Zahl der Markstrahlen 8—30; die mittlere Höhe 2·22—7·69, die maximale 20 Zellen.

Ich habe von acht Fichten und sechs Lärchen eilf, beziehungsweise acht Wurzelstücke untersucht, die zum Theile aus verschiedener Bodentiefe stammten. Die Ergebnisse der Messungen und Zählungen geben die nachstehenden Tabellen. Bezüglich der Angaben bei solchen Jahresringen, die weniger als ein Millimeter breit waren, gilt das schon beim Astholz Gesagte auch hier. Da in den Jahresringen des Wurzelholzes oft nur wenige (1—4) Spättracheiden entwickelt sind und häufig ein unvermittelter Übergang von den Früh- zu den Spättracheiden stattfindet, so sind oft die Grenzen der Jahresringe selbst unter der Loupe schwer, mikroskopisch jedoch leicht sichtbar.

Wurzelholz, Fichte.

Fichte XXV *a).* Aus dem forstwissenschaftlichen Institute in München; entnommen aus einer Bodentiefe von 0·3 *m*; m. R. = 49 *mm*; 70. Jg.

a	*b*	*c*	*d*	*e*	*f*	*g*	*h*	*i*	
10	0·5	31·4	40	22·4	23·9	21·9	180	7·5	Zwillingstüpfel nicht vorhanden; im 60. Jg. ganz ausnahmsweise.
20	0·6	27·3	34	20·1	23·0	20·2	190	8·0	
30	1·0	30·1	40	22·4	24·2	20·1	200	8·0	
40	1·0	32·7	44	23·5	24·6	20·1	195	8·0	
60	1·0	33·1	44	25·1	24·8	22·3	260	9·5	
70	0·4	32·2	44	24·4	25·0	21·5	245	9·0	
Mittel .		31·1	41	23·0	24·4	21·0	212	8·3	

Fichte XXV *b).* Aus dem forstwissenschaftlichen Institute in München; Bodentiefe = 0·6 *m*; m. R. = 24 *mm*; 60. Jg.

a	*b*	*c*	*d*	*e*	*f*	*g*	*h*	*i*	
5	0·5	37·4	50	20·0	23·8	27·3	220	7·0	Zwillingstüpfel sehr häufig, bisweilen ganze Tracheiden erfüllend.
10	0·2	38·1	50	20·4	25·1	25·7	230	8·0	
20	0·3	38·5	50	21·4	25·8	23·4	210	9·0	
30	0·3	43·7	56	24·3	26·1	22·8	210	9·0	
40	0·4	36·4	50	23·7	24·8	20·7	200	9·0	
60	0·5	32·0	44	24·8	24·5	20·5	230	9·5	
Mittel .		37·7	50	22·4	25·0	23·4	217	8·6	

Fichte XXV *c).* Aus dem forstwissenschaftlichen Institute in München; Bodentiefe = 1·3 *m*; m. R. = 6·5 *mm*; 14. Jg.

a	*b*	*c*	*d*	*e*	*f*	*g*	*h*	*i*	
5	0·3	38·6	50	22·4	25·3	33·5	195	7·5	Zwillingstüpfel wie bei XXV *b).*
10	0·4	35·0	44	22·8	25·3	23·1	215	7·5	
Mittel .		36·8	47	22·6	25·3	28·3	205	7·5	

Fichte XXVI *a).* Vinica, Kroatien; Bodentiefe = 0·25 *m*; m. R. = 23 *mm*; 24. Jg.

a	*b*	*c*	*d*	*e*	*f*	*g*	*h*	*i*	
2	0·3	27·7	40	18·3	21·6	26·4	195	6·0	Zwillingstüpfel im 2. Jg. ziemlich häufig, im 5.—20. Jg. nicht vorhanden.
5	1·0	29·3	40	17·3	22·6	23·4	200	6·0	
15	1·7	31·2	40	18·0	21·8	21·8	155	6·5	
20	1·0	32·5	50	18·0	23·3	23·7	170	6·0	
Mittel .		30·2	42	18·1	22·3	23·8	180	6·1	

Fichte XXVI *b).* Vinica, Kroatien: Bodentiefe = 0·5 *m*; m. R. = 8 *mm*: 11. Jg.

a	*b*	*c*	*d*	*e*	*f*	*g*	*h*	
2	0·3	29·8	44	18·6	22·1	32·1	185	6·0
5	0·5	30·8	44	19·1	22·9	24·3	165	6·0
10	1·0	32·0	50	19·5	22·8	23·2	170	6·0
Mittel .		30·9	46	19·1	22·6	26·5	173	6·0

Zwillingstüpfel im 2. Jg. sehr häufig; im 5. Jg. häufig; im 10. Jg. sehr selten.

Fichte XXVII. Aus dem pflanzenphysiologischen Institute in Wien; m. R. = 48 *mm*; 45. Jg.

a	*b*	*c*	*d*	*e*	*f*	*g*	*h*	*i*
1	0·8	36·9	50	19·4	23·9	25·4	210	8·0
5	0·6	38·8	50	17·8	23·6	25·8	205	8·0
10	0·4	38·4	50	22·4	24·8	22·5	190	7·5
20	0·5	39·5	50	20·0	25·1	22·6	195	7·5
40	0·7	39·4	50	23·1	24·8	20·6	225	7·0
Mittel .		38·6	50	20·5	24·4	23·4	205	7·6

Zwillingstüpfel in allen Jahresringen sehr häufig.

Fichte XXVIII. Aus dem pflanzenphysiologischen Institute in Wien; m. R. = 25 *mm*; 20. Jg.

a	*b*	*c*	*d*	*e*	*f*	*g*	*h*	*i*
2	0·3	41·4	58	21·6	24·4	28·7	180	6·5
5	0·9	35·1	44	23·4	24·4	20·8	150	7·5
10	2·0	33·5	50	24·2	24·3	24·1	175	7·0
20	4·5	37·6	50	23·6	23·5	19·7	190	7·5
Mittel .		36·9	50	23·2	24·1	23·3	174	7·1

Zwillingstüpfel im 2.—10. Jg. sehr häufig, im 20. Jg. nicht selten.

Fichte XXIX. Mitterdorf in Steiermark; m. R. = 27 *mm*; 64 Jg.

a	*b*	*c*	*d*	*e*	*f*	*g*	*h*	*i*
1	0·5	25·2	34	20·7	19·0	24·4	250	5·5
10	0·2	34·4	44	21·8	22·5	26·4	245	7·5
20	0·3	36·4	44	24·1	24·4	25·5	230	8·0
30	1·0	36·1	49	24·4	24·7	25·4	210	7·5
40	0·3	33·6	44	20·7	23·2	21·0	245	8·0
60	0·3	35·3	50	25·1	27·4	20·0	235	9·0
Mittel .		33·5	44	22·8	23·5	23·9	236	7·6

Zwillingstüpfel im 1., 30. und 40. Jg. nicht vorhanden (oder sehr selten), im 10. und 60. Jg. selten, im 20. Jg. ziemlich häufig.

Fichte XXX. Epigäische Wurzel (Vintl, Tirol); m. R. = 23 *mm*; 41 Jg.

a	*b*	*c*	*d*	*e*	*f*	*g*	*h*	*i*
10	0·6	44·6	54	21·0	25·1	22·3	240	8·0
20	2·0	36·0	50	19·7	25·2	20·8	245	9·5
30	0·4	43·5	54	23·7	26·3.	22·8	250	9·5
40	0·4	43·0	54	26·4	26·5	22 0	260	9·5
Mittel .		41·8	53	22·7	25·8	22·0	249	9·1

Zwillingstüpfel überall sehr häufig, die Tracheiden oft ganz erfüllend.

Fichte XXXI. Ischl; aus dem pflanzenphysiologischen Institute Wien; m. R. = 18·5 *mm*; 48 Jg.

a	*b*	*c*	*d*	*e*	*f*	*g*	*h*	*i*
2	0·3	32·7	44	21·6	20·5	33·4	140	5·0
10	0·4	40·0	54	23·1	25·5	25·2	165	6·0
20	0·8	33·4	44	21·7	25·1	23·0	170	6·5
30	0·7	32·7	40	22·1	23·0	21·1	160	6·5
40	0·6	31·4	40	23·4	23·6	21·9	170	6·5
Mittel .		34·0	44	22·4	23·5	24·9	162	6·1

Zwillingstüpfel im 2.—20. Jg. sehr häufig (massenhaft); im 40. Jg. nicht selten, im 30. Jg. selten.

Fichte XXXII. Aus dem pflanzenphysiologischen Institute Wien; m. R. = 10·5 *mm*; 24 Jg.

a	*b*	*c*	*d*	*e*	*f*	*g*	*h*	*i*	
10	0·2	30·6	40	19·2	22·2	26·4	165	6·0	Zwillingstüpfel im 10. Jg. sehr selten, im 20. Jg. nicht vorhanden.
20	0·3	29·1	40	21·2	22·1	22·0	155	6·5	
Mittel .		30·1	40	20·2	22·2	24·2	160	6·3	

Wurzelholz, Lärche.

Lärche XXV *a).* Aus dem forstwissenschaftlichen Institute München; Bodentiefe = 0·3 *m*; m. R. = 34 *mm*; 74 Jg. (32 Kern + 42 Splint).

a	*b*	*c*	*d*	*e*	*f*	*g*	*h*	*i*	
10	4·0	45·0	58	28·0	27·3	27·1	140	7·5	Zwillingstüpfel im 10. Jg. selten, im 20.—50. Jg. häufig, im 60. bis 70. Jg. sehr häufig.
20	0·9	51·6	63	23·5	28·4	24·4	150	8·0	
30	0·5	47·6	63	23·8	28·4	24·5	175	7·5	
40	0·2	39·6	50	21·6	28·1	24·4	165	8·0	
50	0·2	39·3	50	22·4	28·0	26·4	165	7·5	
60	0·3	46·5	63	24·4	29·8	25·5	180	7·5	
70	0·2	43·8	58	23·4	30·5	26·0	170	8·5	
Mittel .		44·8	58	23·9	28·6	25·5	165	7·8	

Lärche XXV *b).* Aus dem forstwissenschaftlichen Institute München; Bodentiefe = 1 *m*; m. R. = 14·5 *mm*; 60. Jg. (32 Kern + 28 Splint).

a	*b*	*c*	*d*	*e*	*f*	*g*	*h*	*i*	
2	0·8	48·3	63	26·9	28·4	29·3	235	8·0	Zwillingstüpfel sehr häufig, die Tracheiden oft ganz erfüllend.
10	0·5	46·1	58	21·8	27·3	25·8	210	8·0	
20	0·3	46·4	58	21·6	28·3	28·3	235	8·5	
40	0·3	42·6	50	21·8	30·4	27·2	210	8·0	
60	0·3	42·2	58	23·0	30·2	26·8	190	7·5	
Mittel .		45·1	57	23·0	28·9	27·5	216	8·0	

Lärche XXV *c).* Aus dem forstbotanischen Institute München; Bodentiefe = 1·5 *m*; m. R. = 3·5 *mm*; 8. Jg.

a	*b*	*c*	*d*	*e*	*f*	*g*	*h*	*i*	
2—3	0·6	57·5	73	26·4	29·4	29·6	190	8·0	Zwillingstüpfel wie bei XXV *b).*
5—7	0·3	54·2	68	26·5	28·2	30·4	210	8·5	
Mittel .		55·8	70	26·5	28·8	30·0	200	8·3	

Lärche XXVI. Aus dem pflanzenphysiologischen Institute in Wien; m. R. = 131 *mm*; 62. Jg. (41 Kern + 21 Splint).

a	*b*	*c*	*d*	*e*	*f*	*g*	*h*	*i*	
2	1·0	52·7	68	26·3	26·7	32·7	210	9·5	Zwillingstüpfel im 2., 5. Jg. massenhaft, 10. » nicht häufig, 20. » häufig, 30., 40. » nicht häufig, 50. » häufig, 60. » massenhaft.
5	1·0	48·5	63	25·6	26·3	28·1	155	7·8	
10	1·6	42·5	50	24·6	26·5	27·0	160	8·5	
20	3·5	42·8	58	26·1	27·6	27·4	175	8·5	
30	1·5	50·6	63	27·3	27·6	27·2	190	9·0	
40	1·0	48·1	58	28·3	28·0	27·0	190	9·0	
50	1·5	48·3	63	27·4	27·9	26·7	190	8·0	
60	1·0	47·0	63	28·7	26·8	28·0	180	7·0	
Mittel .		47·6	61	26·8	27·2	28·0	181	8·4	

Lärche XXVII. Mitterdorf, Steiermark; m. R. = 33 *mm*; 53. Jg. (31 Kern + 22 Splint).

a	*b*	*c*	*d*	*e*	*f*	*g*	*h*	*i*	
1	0·4	47·9	63	26·9	24·8	30·4	175	6·0	Zwillingstüpfel im 2., 50. Jg. massenhaft, im 10.—30. Jg. häufig.
10	2·0	40·3	50	22·9	22·0	25·9	175	6·5	
20	0·9	38·6	50	22·4	24·8	26·7	190	7·0	
30	2·0	40·6	54	24·2	25·3	26·3	175	7·0	
50	0·4	40·8	54	23·1	25·4	27·4	205	8·5	
Mittel .		41·6	54	23·9	24·8	27·3	184	7·0	

Lärche XXVIII. Smilkau, Böhmen; m. R. = 32·5 *mm*; 16. Jg. (5 Kern + 11 Splint).

a	*b*	*c*	*d*	*e*	*f*	*g*	*h*	*i*	
2	0·7	45·5	58	22·1	24·4	31·2	160	7·0	Zwillingstüpfel im 2. Jg. sehr häufig, im 5.—15. Jg. selten.
5	1·5	43·8	54	24·4	24·9	30·7	150	6·0	
10	5·0	43·1	54	23·0	25·5	25·9	220	8·5	
15	3·0	44·6	54	22·0	25·5	24·2	210	8·0	
Mittel .		44·2	55	22·9	25·1	28·0	185	7·4	

Lärche XXIX. Ischl; aus dem pflanzenphysiologischen Institute Wien; m. R. = 22 *mm*; 60. Jg. (32 Kern + 28 Splint).

a	*b*	*c*	*d*	*e*	*f*	*g*	*h*	*i*	
2	0·7	43·8	58	23·0	22·0	32·7	190	6·5	Zwillingstüpfel sehr häufig, im 2. bis 20. Jg. massenhaft.
10	0·5	46·4	58	27·0	28·6	26·0	160	7·5	
20	0·3	46·8	58	27·3	29·2	25·9	170	8·0	
30	0·5	47·1	58	23·8	39·4	26·1	205	8·0	
40	0·4	48·3	63	23·0	29·6	24·5	185	9·0	
60	0·2	44·1	50	27·0	27·1	24·0	205	7·5	
Mittel .		46·1	57	25·2	27·6	26·5	186	7·8	

Lärche XXX. Epigäische Wurzel; Vintl, Tirol; m. R. = 23·5 *mm*; 29. Jg. (10 Kern + 19 Splint).

a	*b*	*c*	*d*	*e*	*f*	*g*	*h*	*i*	
5	1·0	47·5	63	27·0	26·8	25·3	200	8·5	Zwillingstüpfel im 5. Jg. sehr häufig, im 15.—25. Jg. häufig.
10	5·0	47·3	63	26·5	28·2	23·8	180	8·0	
20	1·0	45·6	58	26·0	27·7	23·6	220	8·0	
25	0·6	47·3	63	27·4	28·5	23·7	205	8·0	
Mittel .		46·9	62	26·7	27·8	24·1	201	8·1	

Grenzwerthe.

	Fichte	Lärche
Radiales Lumen der Frühtracheiden . . .	25·2—44·6	38·6—57·5
Beobachtetes Maximallumen	34—58	50—73
Radiale Breite der Spättracheiden . . .	17·3—26·4	20·6—30·0
Radialer Durchmesser der Tüpfel	19·0—27·4	22·0—30·5
Höhe der Markstrahlzellen	19·7—33·5	23·5—32·7
Markstrahlzellen per mm^2	140—260	140—235
Mittlere Höhe der Markstrahlen	5·0—9·5	6·0—9·5

Häufigste Werthe.

	Fichte	Lärche
Radiales Lumen der Frühtracheiden . . .	32—38	43—49
Beobachtetes Maximallumen	40—50	58—63
Radiale Breite der Spättracheiden . . .	20—24	22—27
Querdurchmesser der Tüpfel	22—25	25—28
Höhe der Markstrahlzellen	20—24	24—27
Markstrahlzellen per mm^2	165—170) 195—245)	175—210
Mittlere Höhe der Markstrahlen	6—9·5	7·5—8·5

a) Tracheiden.

Das Lumen der Frühtracheiden schwankt innerhalb engerer Grenzen als beim Stammholz, nämlich zwischen 25·2 und 44·6 μ bei der Fichte und 38·6 und 57·5 bei der Lärche. Es rührt dies hauptsächlich daher, weil die Frühtracheiden der innersten Jahresringe im Wurzelholze (im Gegensatze zum Stamm- und Astholze) schon ein grosses Lumen besitzen. Ja es kommt nicht selten vor, dass die Frühtracheiden in den erstgebildeten (1—3) Jahresringen einen grösseren radialen Durchmesser haben, als in den späteren Jahreszuwächsen. Diese Eigenthümlichkeit des Wurzelholzes zeigt sich bei Fichte XXVIII und bei den Lärchen XXV *b*, XXV *c*, XXVI, XXVII, XXVIII. Die häufigsten Werthe der Tracheidenweite waren bei der Fichte 32—38 μ, bei der Lärche 43—49 μ, so dass so wie im Stamm- und Astholz, auch im Wurzelholze das Minimum bei der Lärche grösser ist, als das Maximum bei der Fichte.

Die radiale Breite (Lumen und Wand) der Spättracheiden ist im Allgemeinen im Wurzelholze grösser als im Stammholze und bewegt sich in ersterem in engeren Grenzen als in letzterem. Diese grosse Breite ist zum Theil durch die häufig ausserordentlich starke Wandverdickung bedingt. Bezüglich der Streifung kann man als Regel aussprechen, dass die Herbsttholzzellen des Wurzelholzes nicht gestreift sind. Unter den 47 von mir untersuchten Jahresringen der Fichte zeigte sich nur in vier Fällen (XXVI *a* 2. und 5. Jg.; XXVIII 1. und 10. Jg.) eine sehr schwache Streifung bei einzelnen Spättracheiden. Von den 41 Jahresringen der Lärchenwurzeln sah ich bei Lärche XXVIII im 5. und 10. Jg. und bei Lärche XXX im 5. Jg. Streifung.

b) Tüpfel.

Wie aus meinen Tabellen hervorgeht, ist der Querdurchmesser des äusseren Tüpfelhofes *a)* im Wurzelholze grösser als im Stammholze und *b)* im Lärchenwurzelholze grösser als im Fichtenwurzelholze. Die häufigsten Werthe waren in der Fichtenwurzel 22—25 μ, in der Lärchenwurzel 25—28 μ.

Das Vorkommen von zwei Tüpfelreihen im Wurzelholze der Coniferen ist bekannt; wenn ich nicht irre, hat zuerst Mohl (l. c.) darauf hingewiesen. Im Allgemeinen kann man sagen, dass das Auftreten von Zwillingstüpfeln im Wurzelholze der Fichte und Lärche eine sehr häufige Erscheinung ist. Aber es wäre eine unrichtige Meinung, zu glauben, dass Doppeltüpfel in allen Jahreslagen einer jeden Wurzel der beiden Nadelbäume vorkommen. Meine diesbezüglichen Beobachtungen sind in den Tabellen verzeichnet. Wenn ich die dort zerstreuten Daten zusammenfasse, so ergibt sich:

F. XXV *a*, XXVI *a*, XXXII, Zwillingstüpfel gewöhnlich nicht vorhanden; nur in einzelnen Jahresringen zu finden.

F. XXV *b*, XXV *c*, XXVII, XXVIII, XXX
L. XXV *b*, XXV *c*, XXVII, XXIX, XXX } Zwillingstüpfel überall häufig zu finden, die Tracheiden bisweilen ganz erfüllend.

F. XXVI *a*, im 2. Jg. [1] ziemlich häufig, im 5.—20. Jg. nicht vorhanden.

F. XXVI *b*, im 2. Jg. sehr häufig, im 5. Jg. seltener, im 10. Jg. sehr selten.

[1] Mit dem 2. Jg. meine ich nicht diesen allein, sondern den 1.—3. Jg.

F. XXXI, im 2.—20. Jg. sehr häufig, im 30. Jg. nicht selten.

L. XXVIII, im 2. Jg. sehr häufig, im 5.—15. Jg. selten.

Unregelmässigkeiten im Vorkommen der Zwillingstüpfel zeigten F. XXIX und L. XXVI.

Einzelne Drillingstüpfel fand ich im 2. (1.—3.) Jg. der F. XXIX, L. XXV *c*, L. XXVII und im 40. Jg. der L. XXV *a*.

Das Vorkommen von Zwillingtüpfeln (und Drillingstüpfeln) in den allerersten (innersten) Jahresringen ist ein charakteristisches Merkmal vieler Wurzelhölzer der Fichte und Lärche; im Stamm- und Astholz kommt diese Erscheinung nicht vor. Ich habe schon früher hervorgehoben, dass im Wurzelholze, namentlich jenem der Lärche, die erstgebildeten Jahresringe weiterlumige Frühtracheiden haben, als die späteren, während sich im Stamm- und Astholze in den innersten Jahreslagen gerade die kleinstlumigen Tracheiden befinden.

c) Markstrahlen.

Die Höhe der Markstrahlzellen ist im Wurzelholze grösser als im Stammholze. Abgesehen von den drei ersten Jahresringen des Stammholzes, werden in letzterem bei der Fichte sehr selten, bei der Lärche niemals Markstrahlzellen von jener Höhe angetroffen, die im Wurzelholze derselben Baumart eine gewöhnliche, normale Erscheinung sind. Die häufigsten Werthe waren:

Stammholz:	Fichte 17—20 μ,	Lärche 20—22 μ
Wurzelholz:	» 20—24 »	» 24—27 »

Das beobachtete Maximum war bei der Lärche XXVI 32·7 μ, bei der Fichte XXV *c* sogar 33·5 μ.

Die Zahl der Markstrahlen pro Quadratmillimeter der Tangentialfläche schwankte bei beiden Nadelhölzern innerhalb weiter Grenzen. Als Durchschnittszahl aller Mittelwerthe ergab sich für die Fichte 198, für die Lärche 190 Zellen, also ein Verhältniss von 1 : 0·96. Es kommen somit auf dieselbe Tangentialfläche des Wurzelholzes bei der Fichte ein wenig mehr Markstrahlzellen zu liegen, als bei der Lärche, während im Stammholz das Umgekehrte der Fall ist. (Der Exponent war 1 : 1·03.)

Die mittlere Markstrahlhöhe schwankte bei der Fichte zwischen 5 und 9·5, bei der Lärche zwischen 6 und 9·5 Zellen. Die Zahl der über 15 Zellen hohen Markstrahlen variirte bei der Fichte von 0·5 Proc. (XXVI *a*) bis 11 Proc. (XXX), bei der Lärche von 2·5 Proc. (XXVII, XXVIII) bis 11 Proc. (XXV *c*). Die Menge der über 20 Zellen hohen Markstrahlen betrug bei der Fichte 0·0 Proc. (XXVI *a*, *b*, XXXI, XXXII) bis 2·6 Proc. (XXV *b*), bei der Lärche 0·9 Proc. (XXVIII) bis 2·2 Proc. (XXV *c*).

Als maximale Markstrahlhöhe fand ich 30 Zellen bei beiden Coniferen.

Das Vorkommen von (partiell) zweireihigen Markstrahlen ist im Wurzelholze sowohl der Fichte als der Lärche eine häufige Erscheinung.

Zusammenfassung der Resultate.

Die vorliegenden Untersuchungen haben ergeben, dass zwischen dem anatomischen Bau des Holzes von *Picea excelsa* Lk. und *Larix europaea* DC. kein allgemein giltiger essentieller Unterschied besteht, sondern nur graduelle Verschiedenheiten gefunden werden. Die histologischen Elemente des Lärchenholzes sind gegenüber jenen des Fichtenholzes in Wurzel, Stamm und Ast derber, kräftiger entwickelt. Die Holzzellen des Lärchenholzes sind länger, breiter, dickwandiger, die Tüpfel grösser und viel häufiger in zwei Reihen an den Radialwänden der Frühlingstracheiden ausgebildet, als bei der Fichte. Die Markstrahlen der Lärche sind in Bezug auf Zellenzahl umfangreicher; die Leitzellen sind höher, breiter (vielleicht auch länger) und in der Regel verharzt.

Die hauptsächlichsten Unterschiede in Stamm, Ast und Wurzel sind folgende:

Bei der Fichte haben die Frühtracheiden in Stamm und Wurzel nahezu dasselbe Lumen; der häufigste Werth ist 30—40 μ. In den zuerst gebildeten Jahresringen des Stammes sind die Holzzellen (viel) schmäler als in den späteren Jahreslagen, was bei der Wurzel nicht der Fall ist. In den Ästen ist der Durchmesser der Frühtracheiden bedeutend kleiner; er beträgt zumeist nur 15—20 μ.

Auch bei der Lärche haben die Frühtracheiden im Stamme und in der Wurzel nahezu dasselbe radiale Lumen. Die häufigsten Werthe sind hier 40—60 μ. Ebenso findet man (analog wie bei der Fichte) im Stamme, jedoch nicht in der Wurzel die schmalsten Frühjahrsholzzellen in den innersten Jahresringen. In den Ästen beträgt der Durchmesser der Frühtracheiden zumeist nur 20—30 μ.

Der Querdurchmesser des äusseren Tüpfelhofes ist im Stamm- und Wurzelholz der Fichte (abgesehen von den ersten Jahresringen im Stamm) in der Regel grösser als 18 μ, während im Astholze dieser Werth niemals überschritten wird.

Bei der Lärche geht der Querdurchmesser der Radialtüpfel im Astholz etwa bis 25 μ, im Stamm- und Wurzelholze bis 30 μ; er fällt im Stamm- und Astholz bis 15 μ, während er im Wurzelholze niemals unter 20 μ herabsinkt.

Zwillingstüpfel fehlen im Astholz der Fichte und Lärche. Im Wurzelholze kommen sie bei der Fichte in der Regel, bei der Lärche fast immer (in verschiedener Häufigkeit) vor. Im Stammholz treten sie in den älteren (äusseren) Jahresringen mancher Fichten und aller Lärchen auf. Während im Stammholze die doppelreihigen Tüpfel mit der Neubildung der Jahresringe an Häufigkeit zunehmen (in den ersten fünf Jahresringen fehlen sie immer), bemerkt man im Wurzelholze Zwillingstüpfel in der innersten Holzpartie constant und zugleich öfter eine Abnahme der Häufigkeit in den später gebildeten Jahreszuwächsen.

Die Höhe der (leitenden) Markstrahlzellen ist einerseits bei der Fichte, anderseits bei der Lärche, wenn man von den ersten Stamm-Jahresringen absieht, im Stamm- und Astholze im Wesentlichen gleich gross: bei der Fichte 17—20 μ, bei der Lärche 20—22 μ. Im Wurzelholze haben die Markstrahlzellen grössere Höhen, nämlich mit Ausschluss von Extremen bei der Fichte 20—25 μ, bei der Lärche 24—30 μ. Häufig sind (im Wurzelholze) die Leitzellen mit Stärke erfüllt.

Die mittlere Höhe (Zellenzahl) der Markstrahlen ist bei der Fichte und Lärche am grössten im Stamme, kleiner in der Wurzel, am kleinsten im Ast. Im Allgemeinen ist die Markstrahlhöhe bei der Fichte kleiner als bei der Lärche. Die maximale Höhe beträgt bei beiden Coniferen im Ast 20, in der Wurzel 30, im Stamme mindestens 40 Zellen.

Einzelne partiell zweireihige Markstrahlen kommen überall vor.

Die Verharzung der Markstrahl-Leitzellen ist bei der Fichte Ausnahme, bei der Lärche Regel, diese jedoch nicht ohne Ausnahme.

Der Schröder'sche Markstrahlcoëfficient ist nur bei einer grossen Zahl von Bestimmungen (etwa je 100 für einen Markstrahl derselben Höhe) als diagnostisches Merkmal zwischen Fichten- und Lärchenstammholz verwendbar.

Unter den Pflanzentheilen, in denen bisher Mangan nachgewiesen wurde, befindet sich auch das Lärchenholz. Ich habe mit Anwendung der bekannten Reaction mittelst Kaliumnitrat und Natriumcarbonat das Mangan im Stamm-, Wurzel- und Astholz älterer und jüngerer Jahresringe der Fichte und der Lärche gefunden.

Eine Übersicht der diagnostischen Merkmale enthält die folgende Bestimmungstabelle.

Analytische Bestimmungstabelle des Fichten- und Lärchenholzes.

I. Zwillingstüpfel nicht vorhanden.

A. Frühtracheiden 0·020—0·040 *mm*. Mittlere Markstrahlhöhe 7—11 Zellen.

a) Markstrahlzellhöhe 0·017—0·020 *mm*; einreihige, mehr als 10 Zellen hohe Markstrahlen bilden circa 20 Proc. aller Markstrahlen. Markstrahlen selten verharzt. Stammholz Fichte.

b) Markstrahlzellhöhe 0·020—0·024 *mm*.

α) Querdurchmesser des äusseren Tüpfelhofes meist 0·021—0·026 *mm*; maximale Markstrahlhöhe 30 Zellen; Markstrahlen meist nicht verharzt. Wurzelholz Fichte.

β) Querdurchmesser des äusseren Tüpfelhofes meist 0·014—0·022 *mm*. (Markstrahlen meist verharzt.) Stammholz Lärche. (Innerste Jahresringe.)

B. Frühtracheiden 0·015—0·030 *mm*. Mittlere Markstrahlhöhe 4·5—7 Zellen; maximale Markstrahlhöhe 20 Zellen.

a) Frühtracheiden 0·015—0·020 *mm*; Querdurchmesser der Tüpfel 0·014—0·017 *mm*; niemals über 0·018 *mm*. Spättracheiden gestreift. Astholz Fichte.

b) Frühtracheiden 0·020—0·030 *mm*; Querdurchmesser der Tüpfel 0·016—0·024 *mm*. Spättracheiden gestreift oder nicht gestreift. Astholz Lärche.

II. Zwillingstüpfel vorhanden.

A. Frühtracheiden 0·030—0·040 *mm*. (Markstrahlen selten verharzt.)

a) Markstrahlzellhöhe 0·017—0·020 *mm*. Querdurchmesser der Tüpfel auch unter 0·019 *mm*. Zwillingstüpfel meist einzeln zwischen einfachen Tüpfeln zerstreut, seltener in mehreren übereinander liegenden Reihen. Stammholz Fichte.

b) Markstrahlzellhöhe 0·020—0·026 *mm*. Die Markstrahl-Leitzellen oft Stärke führend. Querdurchmesser der Tüpfel nicht unter 0·019 *mm*. Doppeltüpfel einzeln oder in mehreren Reihen übereinander oder die Frühtracheiden ganz bedeckend. Spättracheiden ausnahmsweise gestreift. Wurzelholz Fichte.

B. Frühtracheiden 0·040—0·060 *mm*. Markstrahlen sehr häufig verharzt.

a) Markstrahlzellhöhe 0·020—0·023 *mm*. Mittlere Markstrahlhöhe 9—13 Zellen; maximale Höhe 40—50 Zellen. Die einreihigen, mehr als 10 Zellen hohen Markstrahlen bilden circa 38 Proc. aller Markstrahlen. Querdurchmesser der Tüpfel auch unter 0·020 *mm*. Stammholz Lärche.

b) Markstrahlzellhöhe 0·024—0·030 *mm*. Mittlere Markstrahlhöhe 7—9 Zellen; maximale Höhe 30 Zellen. Spättracheiden ausnahmsweise gestreift. Querdurchmesser der Tüpfel nicht unter 0·020 *mm*. Wurzelholz Lärche.

Anmerkung. In der vorstehenden Bestimmungstabelle ist unter dem Ausdruck »Frühtracheiden« der radiale Durchmesser des Lumens der Frühlingsholzzellen verstanden. Die Angaben betreffs der Tüpfel beziehen sich auf die an den Radialwänden der Frühtracheiden ausgebildeten Tüpfel. Die Markstrahlzellhöhe bezieht sich auf die leitenden (mit einfachen Tüpfeln versehenen) Zellen des Markstrahles. Die Markstrahlhöhe umfasst Leitzellen und Quertracheiden.